Mobile selbstausrichtende SAT-Anlage



Technikerarbeit 2001/2002

von

Adrian Kniejski Waldemar Eiswirt

Inhaltsverzeichnis Seite

1.Einführung

1.1 Die Idee

Jeder der schon selbst eine Sat-Empfansganlage installiert und ausgerichtet hat, ist auf eine große Anzahl von Schwierigkeiten gestoßen.
Diese beginnen mit der Auswahl des geeigneten Montageplatzes, dem Zusammenbau der Anlage und dem schwierigstem Teil, dem Ausrichten.
Richtig mühsam wird es dann, wenn man mehrere Satelliten mit einem Empfangsspiegel an verschiedenen Orten empfangen möchte.
Dieses Problem stellt sich zum Beispiel auf Messen, Campingplätzen usw. dar.

Die Lösung dieser Probleme haben wir uns zum Ziel gemacht.

Es ist daher ein Gerät zu entwickeln, welches dem Anwender die notwendige Mobilität an verschiedenen Einsatzorten, eine Flexibilität in der Auswahl der zu empfangenden Satelliten und eine benutzerfreundliche Bedienung des Gerätes ermöglicht.

Durch die erworbenen Kenntnisse an der Heinrich-Hertz-Schule in Karlsruhe, wahr es uns möglich einen Prototyp aufzubauen der mit Hilfe von einem GPS-Empfängers, einem elektronischen Kompasses und einem µ-Controller 80535 diese Kriterien erfüllt.

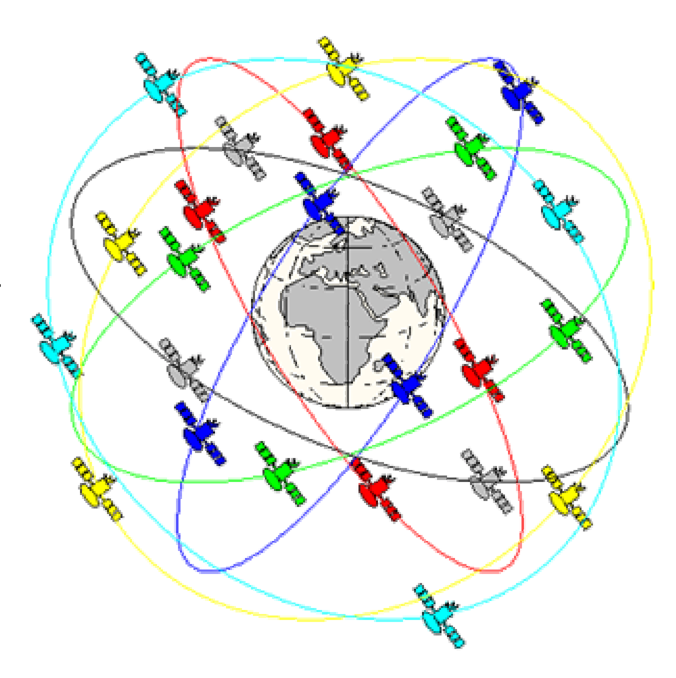
1.2 Features des Prototyps

- 19“ Industriegehäuse
- 60 cm. Offsetspiegel (Firma Lorenz)
- Analog / Digital LNC
- 2 Schneckenantriebe
- 2 Schrittmotoren
- 2 Schrittmotorendstufen
- GPS-Modul „Pluto“ (Rockwell Semiconductors Systems)
- Aktive GPS-Antenne (WISI)
- Elektronischer Kompass V2X (Firma PNI)
- Beleuchtetes 4 Zeilen LCD-Display
- µ-Controller 80C535
- Netzteil +5V, +/-12V, 2 x 22V
- Adapterplatine

2.Navigationstechniken

2.1 GPS-Techniken

- Was ist das überhaupt, 'GPS'?

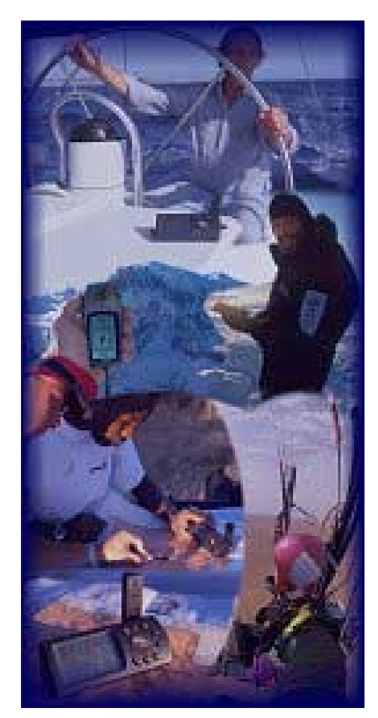


GPS steht für 'Global Positioning System'. Es ist eine mehr oder weniger regelmäßige Anordnung von 24 speziellen Satelliten (Höhe ca. 20. 000 km) um die Erde, die in einem abgestimmten Verfahren spezielle Zeitsignale aussenden. GPS Empfänger auf der Erde können diese Signale empfangen und daraus mit hoher Genauigkeit die Position des Empfängers (genauer: die Position seiner Antenne) bestimmen. Mit einem GPS Empfänger lässt sich die aktuelle Position über Land oder Wasser mit einer Genauigkeit von wenigen Metern in Form von Angaben wie Längengrad, Breitengrad, Höhe über NN ablesen und auf Wunsch in Beziehung zu einer Karte setzen. Das GPS wurde vom US amerikanischen Militär zur Steuerung von 'intelligenten Waffensystemen' und zur Navigationsunterstützung der Streitkräfte entwickelt. Da die GPS Signale überall auf der Welt zu empfangen sind, können sie aber auch (mit Einschränkungen -> siehe SA) von beliebigen Anwendern benutzt werden. Der Beginn der GPS Entwicklung fand Anfang der 70er Jahre statt, die ersten Satelliten wurden Ende der 70er Jahre gestartet, offiziell im Vollausbau befindet sich das System seit etwa 1994, es war aber schon viel früher nutzbar (die Satelliten wurden im Abstand mehrerer Jahre in Betrieb genommen).

- Was macht ein GPS Empfänger?

Ein GPS Empfänger funktioniert im Prinzip wie ein Radio: Er empfängt Funksignale bestimmter Frequenzen über eine Antenne. Diese Funksignale enthalten aber keine Musik oder Sprache, sondern digital verschlüsselte Zeitinformationen der verschiedenen Satelliten am Himmel. Der Empfänger empfängt die Signale von bis zu 12 Satelliten gleichzeitig (abhängig von der 'Sichtbarkeit' der Satellitenkonstellation) und setzt ihre durch die Entfernung der Satelliten vom Empfängerort verursachten Zeitdifferenzen in eine komplizierte mathematische Beziehung. Ähnlich wie man aus der Laufzeit des Donners die Entfernung eines Blitzeinschlages berechnen kann (Laufzeitverfahren), kann der GPS Empfänger aus der Laufzeit der Funksignale die Entfernung der Satelliten berechnen. Aus der Summe der berechneten Laufzeiten lässt sich der Ort des Empfängers mit hoher Genauigkeit an nahezu jedem beliebigen Punkt der Erde berechnen. Aus diesem technischen Zusammenhang ergibt sich eine Vielzahl von möglichen Nutzungsanwendungen des GPS, über die reine Positionsfeststellung hinaus. Übliche Empfänger geben nicht nur die Position in Längen- und Breitengrad sowie Höhe über Normalnull aus, sondern auch die aktuelle Geschwindigkeit, Kurs (Bewegungsrichtung), Uhrzeit (mit extrem hoher Genauigkeit).

- Was bringt mir GPS?



In den dicht bewohnten Gebieten Europas scheint ein GPS Empfänger für den privaten Einsatz zunächst etwas sinnlos, da man ohnehin meistens recht genau weiß, wo man sich befindet - und wenn nicht, fragt man halt nach dem Weg. In weniger dicht besiedelten Gegenden benutzt man GPS Empfänger zur Wegfindung beim Wandern, Segeln, Jagen, etc. pp. Speziell bei der Seenavigation sind GPS Empfänger eine sehr nützliche Hilfe, da es auf dem Wasser naturgemäß nur wenig andere Navigationshilfen gibt. Ein GPS Empfänger lohnt sich hier schon auf größeren Seen, wenn man gezielt Punkte auf einer Karte anfahren will.
Nach dem Militär war die Schifffahrt der erste zivile Nutzer des GPS Systems, gleich gefolgt von der Luftnavigation. Aber auch in Städten kann man einen GPS Empfänger durchaus sinnvoll einsetzen: In Verbindung mit Straßenkarten ermöglicht einem das GPS die Routenfindung in einer unbekannten Stadt. Es gibt seit einiger Zeit Kartensoftware für übliche PCs, die aus einem Notebook in Verbindung mit einem GPS Empfänger ein Autonavigationssystem machen: Startpunkt und Zielpunkt eingeben, und das Notebook errechnet durch Vergleich der GPS Position mit der gespeicherten Verkehrskarte die optimale Route zum Ziel. Man kann die Parkposition seines Wagens während eines längeren Stadtbummels festhalten und das Fahrzeug später einfach wiederfinden. Firmen erfassen mittels GPS die Position Ihrer Fahrzeuge zur Wegoptimierung (sog. Flottenmanagement), GPS gestützte Wegaufzeichnungssysteme erleichtern die Abrechnung von Fahrtkosten

---

- Welche Unterschiede gibt es bei GPS Empfängern, was kosten sie?

Aktuelle GPS Empfänger gibt es zu Preisen zwischen 300 und mehreren Tausend DM. Die billigeren Empfänger sind für die üblichen Hobbyanwendungen geeignet, wie Wandern, Segeln, Autonavigation, etc.. Sie verfügen in der Regel nur über einfache Bedienelemente und ein kleines Display, über das die Position sowie verschiedene weitere Daten abgelesen werden können. In der Regel muss man zur Navigation zusätzliche Papierkarten (oder Computer mit Kartensoftware) einsetzen, um die Positionsangabe in Beziehung zum Umfeld setzen zu können. Diese Empfänger bieten in der Regel eine einfache Aufzeichnungsmöglichkeit für Wegdaten an. Diese Daten können später wieder angezeigt (etwa zur Findung eines Rückweges) oder über eine Computerschnittstelle in einen Rechner überspielt werden, der sie z.B. zu einer digitalen Karte in Beziehung setzen kann.
Ein Beispiel für solche einfachen Empfänger ist z.B. der beliebte Garmin GPS12. Die erzielbare Positionsgenauigkeit der einfachen Empfänger ist kaum ein Kaufkriterium: Alle Empfänger bieten Genauigkeiten im Bereich 10-20 m, diese ist aber ohnehin durch die ->SA nicht nutzbar und verschlechtert sich damit geräteunabhängig auf 50-150m. Bei Tests mit abgeschalteter SA lieferten preisgünstige Empfänger wie der GPS12 in der Praxis Wiederholgenauigkeiten im Bereich 3m.

Die nächste Klasse der GPS Empfänger (ab etwa 600 DM aufwärts) enthält eigene digitale Karten, die über ein größeres Display abgerufen und in Beziehung zur aktuellen Position gesetzt werden können. Damit ist also auch ohne zusätzliche Karten schon ein direktes Navigieren möglich. Aufgrund der begrenzten Speichermöglichkeiten sind diese Karten jedoch nicht sehr detailliert, so sind dort in aller Regel nur Ländergrenzen, größere Flüsse, wenige Städte, etc. vorhanden. Da die meisten Hersteller dieser Geräte in den USA beheimatet sind, liegt der Schwerpunkt der Karten auch dort, so dass z.B. Deutschland oder der europäische Raum nur recht stiefmütterlich behandelt werden. Ebenfalls in dieser Klasse üblich ist eine Anschlussmöglichkeit für eine externe Antenne.
Ein Beispiel für solche Geräte ist der ebenfalls recht verbreitete Garmin GPS-II und GPS-III.

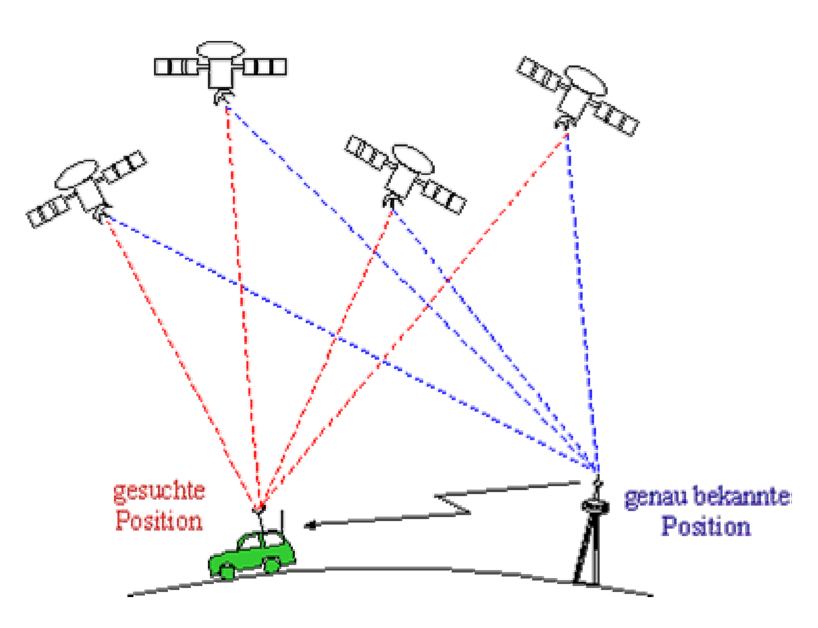
Eine neuere Variante dieser einfachen Kartenempfänger stellen die Geräte mit Download Funktionalität dar: Die Karten sind nicht fest in den Empfänger eingebaut, sondern über eine Kabelverbindung von einem Computer in den Empfänger speicherbar. In der Regel erhält man zusätzlich zum Empfänger eine CD-ROM mit digitalem Kartenmaterial. Von den so gespeicherten Karten kann man mit einer speziellen Software auf dem Computer einen oder mehrere Bereiche auswählen und gezielt auf den Empfänger speichern. Hat man z.B. eine Gebirgswanderung in den Alpen vor, wird man gezielt diesen Bereich auswählen und in den Empfänger übertragen. Durch diese Ausschnittsweise Übertragung lässt sich der zu Verfügung stehende Speicherplatz im Empfänger besser nutzen und mehr Details sind darstellbar. Ein Beispiel für solche Geräte ist z.B. der Garmin GPS IIIplus oder der neue GPS12MAP.

Die nächste Stufe stellen Geräte mit semiprofessioneller bzw. professioneller Eignung dar, wie sie z.B. sehr häufig in der Seenavigation verwendet werden, z.B. von Hobbyseglern, kleineren Transport-, Ausflugs-, und Fischereibooten.
In der Regel unterscheiden sich diese Geräte nur durch eine robustere mechanische Ausführung (wasserdicht, Metallgehäuse, seewasserfest, etc.) sowie spezielle Ausstattungsdetails, wie z.B. externe 12/24 Volt Speisemöglichkeit, externe Antennen, spezielle Navigationsfunktionen, sowie Kompatibilität zu weiteren verbreiteten Seenavigationshilfen (sog. Kartenplotter, etc.). Solche Geräte liegen in der Regel im Preisbereich ab etwa 1500 DM bis mehrere Tausend DM. Auch hier gibt es Geräte mit reiner Positionsausgabe oder mit eingebauten/einladbaren Karten. In den USA werden solche Geräte sehr viel auch zur Navigation auf den (in den USA viel häufigeren) riesigen Binnenseen eingesetzt. Im Bereich der Flugnavigation gibt es ähnliche Geräte, wobei hier GPS Geräte zurzeit noch nicht den Verbreitungsgrad haben wie in der Seenavigation. Das geht im Wesentlichen auf härtere Richtlinien für die Navigationsausrüstung von Flugzeugen zurück.

Das obere Ende stellen GPS Empfänger für wissenschaftliche und technische Vermessungsaufgaben dar. Diese definieren sich in aller Regel durch extrem hohe Genauigkeitsanforderungen sowie spezielle Schnittstellen zur Weiterverarbeitung. Durch spezielle Verarbeitungstechniken der Satellitensignale können diese Geräte auf die jeweilige Anwendung bezogen durchaus Genauigkeiten im Bereich weniger mm erreichen. Anwendungsgebiete sind Landvermessung, Geologie, Archäologie, sowie die Entwicklung von GPS Geräten bzw. deren Wartung selbst.
Solche Geräte sind allerdings vom normalen Hobbyanwender weder zu bezahlen, noch mit einfachem Basiswissen auch nur zu bedienen.

- Was ist SA, Selective Availability?
Da die von den GPS Satelliten ausgesendeten Signale überall auf der Welt empfangbar sind und genutzt werden können, hat das US amerikanische Militär sich ein Verfahren ausgedacht, durch das verhindert werden kann, dass z.B. feindliche Militärs das GPS zu ihrem eigenen Zweck und womöglich gegen die USA einsetzen können: Die sogenannte 'Selective Availability', zu deutsch: Eingeschränkte Verfügbarkeit. Die SA gewährleistet, dass nicht-autorisierten Nutzerkreisen nur eine eingeschränkte Genauigkeit des GPS zu Verfügung steht, die momentan etwa +-100m beträgt. Bei deaktivierter SA beträgt die Genauigkeit typischer Empfänger etwa +-15m, die reine Wiederholgenauigkeit (wiederholte Anzeige an derselben Position) kann sogar selbst bei günstigen Empfängern im Bereich 3m liegen. Bei eingeschalteter SA werden die Zeitsignale der Satelliten nach einem sehr komplizierten mathematischen Muster 'gestört' und die Empfänger liefern dadurch falsche Positionsangaben. Bewegt man sich z.B. mit dem Empfänger nicht von der Stelle, wird die Positionsanzeige des Empfängers bei mehreren aufeinanderfolgenden Messungen zufällig 'im Kreis' springen und somit Positionsabweichungen im Bereich 50m-100m je Himmelsrichtung anzeigen. Ohne SA würden diese 'Sprünge' auf einen Radius von wenigen Metern zusammenschrumpfen.
Dieses Störmuster in den Zeitsignalen der Satelliten ist aber nicht wirklich zufällig, sondern gehorcht einem mathematisch festgelegten Muster (das einem die US Militärs natürlich nicht verraten). Außerdem wird dieses Muster in bestimmten Abständen verändert, um ein 'Aushorchen' der Fehlerfolge zu verhindern.
Speziell für das US Militär gefertigte Empfänger können mit einem passenden 'Schlüssel' versehen werden, um dieses Störsignal aus der Positionsberechnung herausrechnen zu können und militärischen Anwendungen somit die volle Genauigkeit des GPS zu Verfügung stellen.
Etliche Male haben ambitionierte GPS Fans versucht, die Verschlüsselung zu knacken, aber es ist m.W.n. noch nie jemandem gelungen.
Da der Wunsch nach einer Erhöhung der Genauigkeit auch im zivilen Nutzerbereich (z.B. Vermessungstechnik, Flugnavigation, etc.) besteht, sind verschiedene Verfahren zur Umgehung der SA entwickelt worden, z.B. das DGPS und die unterstützende Trägheitsnavigation, sowie die Positionsmittelung (Position Averaging).

- Was ist DGPS?



DGPS, die Abkürzung für 'Differential GPS' oder 'Differentielles GPS', ist ein Verfahren, um die im Wesentlichen durch SA verursachten Positionsfehler des GPS korrigieren zu können. Man stützt sich bei der Positionsmessung nicht auf einen einzigen Empfänger, sondern auf zwei. Einer dieser Empfänger ist der 'Nutzempfänger', der andere der sog. 'Referenzempfänger'. Das Verfahren funktioniert vereinfacht folgendermaßen: Die Position des Referenzempfängers ist sehr genau bekannt, entweder durch alternative Vermessungsmethoden, Positionsmittelung, oder durch 'SA-lose Messung'. Empfängt der Referenzempfänger nun seine normale fehlerbehaftete GPS Position, so kann er durch Vergleich mit seiner tatsächlich ermittelten Position die momentane Größe des SA bedingten Positionsfehlers ermitteln.
Diese Abweichung wird nun in der Regel über eine Datenfunkverbindung in Echtzeit zum abgesetzten Nutzempfänger übertragen, der auf der Basis dieser Fehlerwerte seine eigene Position entsprechend korrigieren kann. Ganz vereinfacht ausgedrückt (tatsächlich läuft die Korrektur auf einer höheren Verarbeitungsebene ab) 'sagt' der Referenzempfänger dem Nutzempfänger ständig: 'GPS liegt grade um x Meter in Richtung x Grad daneben, korrigiere deine Position also um -x Meter in Richtung x und Du liegst richtig!'
Ein DGPS Empfänger stellt (von Kombigeräten einmal abgesehen) keinen eigenständigen GPS Empfänger dar, sondern lediglich einen Funkempfänger, der die ausgestrahlten Korrektursignale auswertet und an den eigentlichen GPS Empfänger übermittelt. Für diese Übermittlung gab es erfreulicherweise schon früh eine Standardisierung in Form des seriellen RTCM104 Signals, so dass heute nahezu jeder GPS Empfänger mit serieller Schnittstelle prinzipiell DGPS tauglich ist - so auch der preisgünstige GPS12 von Garmin. Schließt man einen DGPS Empfänger an einen GPS Empfänger an (wobei DGPS ggfs. in einem Konfigurationsmenü zusätzlich zu aktivieren ist), so liefert der Empfänger genau wie vorher seine Positionsdaten, nur sind diese dann etwa um einen Faktor 50 genauer als ohne DGPS (etwa 2-5m im Vergleich zu 150-300m bei SA). DGPS ist dadurch auch nicht von einer bestimmten PC Kartensoftware o.ä. abhängig. Es ist ein reines Empfängerfeature und für die Endanwendung als solches nicht sichtbar (außer eben durch die höhere Genauigkeit).
Die genauen Hintergründe von DGPS sind etwas komplizierter und können hier nicht abgehandelt werden. Es gibt im Internet aber sehr viele (allerdings englischsprachige) Informationsquellen dazu.
In der Regel werden DGPS Referenzstationen von größeren Institutionen betrieben,

die auch für die Ausstrahlung der Korrektursignale über Funk zuständig sind. In Deutschland gibt es z.B. ein überregional auf Langwelle (122.5 KHz) ausgestrahltes ständiges DGPS Signal der deutschen Telekom ('ALF)'. Ein weiteres überregionales Signal wird von der ARD in Kooperation mit den Vermessungsämtern im Rahmen des UKW RDS (Radio Daten System) ausgestrahlt (EPS/RASANT). Für diese Dienste werden Lizenzgebühren fällig, die meistens schon beim Kauf des DGPS Empfängers in Form einer geringen einmaligen Zahlung abgegolten werden. Bisher waren DGPS Empfänger recht teuer und nur für kommerzielle Spezialanwendungen verfügbar. Mittlerweile sind einfach zu benutzende Geräte aber schon ab etwa 800 DM (inkl. Lizenzgebühr) zu kaufen.
Darüber hinaus gibt es Bestrebungen, DGPS im größeren Maßstab über Satellitendienste verfügbar zu machen. Diese Systeme werden von einigen Staaten Europas entwickelt, um sich vom Wohlwollen der USA bezüglich der Nutzung des GPS Systems bzw. der SA unabhängig zu machen. Die Idee dabei ist, die Korrektursignale im gleichen Format bzw. auf der gleichen Frequenz auszustrahlen, die auch das eigentliche GPS benutzt. Auf diese Art und Weise bräuchte man keine zusätzlichen DGPS Funkempfänger mehr, sondern die DGPS Funktionalität könnte durch einen zusätzlichen Softwareblock in bereits existierende GPS Empfänger nachgerüstet werden.
Gleichzeitig gibt es jedoch auch Überlegungen der amerikanischen Regierung, die SA ganz abzuschalten, um angesichts der nachlassenden militärischen Bedrohungen einen größeren Nutzen im zivilen Bereich zu ermöglichen. Die Verhandlungen der US Regierung mit dem US Militär ziehen sich jedoch hin und werden vermutlich noch etliche Jahre dauern. Es ist so oder so aber abzusehen, dass die erreichbare Genauigkeit des GPS innerhalb der nächsten 2-5 Jahre auch für nicht kommerzielle Anwendungen deutlich verbessert werden wird.

- Was ist NMEA?

NMEA ist ein standardisiertes Protokoll für Navigationsgeräte, das über einfache RS232 oder ähnliche serielle Schnittstellen übertragen wird. Es wurde herausgegeben von der US amerikanischen National Marine Engineer Association - daher die Abkürzung NMEA. NMEA stammt also ursprünglich aus der Seenavigation. Es wird dort verwendet als einfaches und universelles Kommunikationsprotokoll zwischen Navigationsempfängern und Kartenplottern, Notrufgeräten.
Das aktuell übliche (Version 0183 v2.0) Übertragungsformat für NMEA ist 4800 Baud, 8 Datenbits, NoParity, 1 Stoppbit. Das sind absolut übliche Übertragungsparameter, wie sie z.B. auch für die Kommunikation zwischen einem Computer und Modem benutzt werden (dort nur üblicherweise mit höheren Baudraten, etwa 38400).
Das NMEA Protokoll ist recht einfach aufgebaut. Die übertragenen Daten werden in Form von ASCII Zeichen übertragen und sind damit 'lesbar'. Wer sich ein bisschen mit den verschiedenen Msgtypes beschäftigt hat, kann NMEA 'fließend verstehen'. Die Grundstruktur von NMEA Sentences ('Sätzen') ist folgende: Es wird in regelmäßigen Zeitabständen eine Zeile von zusammenhängenden Informationen ausgegeben. Die Zeile wird eingeleitet von einem NMEA Msgtype Designator, also einer Kennzeichnung für den folgenden Nachrichtentyp, dann einer Folge von Informationen (z.B. Koordinate, Höhe, Zeit, Richtung, etc.), auf die eine

Checksumme/Prüfsumme folgt, über die das empfangende Gerät ggfs. die Korrektheit der Übertragung überprüfen kann. Das Zeilenende wird mit einem CR/LF abgeschlossen, damit die nächste Zeile/Sentence übertragen werden kann. Eine solche übermittelte Zeile oder auch NMEA 'Sentence' sähe z.B. so aus (kann man in dieser Form z.B. mit einem Terminalprogramm aufzeichnen oder auf einen seriellen Drucker schicken):

$GPGLL,5336.432,N,00957.436,E,133627,A*24

Hier ist $GPGLL der msgtype Indikator,
5336.432,N bedeutet 5336.432 nördliche Breite (N=North),
00957.436,E bedeutet 957.436 östliche (E von East=Ost) Länge,
133627 ist die Uhrzeit im Format hhmmss, also 13h36m27s,
A bedeutet 'Status OK', also eine gültige Position (A='Approved')
*24 ist die Checksumme.

Zu jeder Msgtype gibt es eine festgelegte Folge von übermittelten Informationen, die einzelnen Informationen einer Folge werden durch Komma getrennt. Das numerische Komma ist, wie oben zu sehen, der Punkt '.' !
Die gesamte NMEA Spezifikation ist nicht nur für GPS Empfänger, sondern auch für viele andere navigationsunterstützende Geräte ausgelegt und umfasst sehr viele Msgtypes (eine mir vorliegende Dokumentation zählt 55 verschiedene Msgtypes). Die meisten GPS Empfänger geben nur eine Handvoll dieser Msgtypes aus, und jeder GPS Empfänger beherrscht unterschiedliche Typen. Die Idee hinter den unterschiedlichen Msgtypes ist, dass jedes an ein 'Navigationsnetzwerk' angeschlossenes Gerät nur die von ihm verstandenen Msgtypes auswertet und alle anderen ignoriert.

Hier ein Auszug aus einem Logfile unseren GPS-Empfänger „PLUTO“.

[...]
$PGRME,41.6,M,,M,41.6,M*00
$GPGLL,5058.809,N,00647.103,E,162044,A*21
$PGRMZ,207,f,2*1F
$PGRMM,Potsdam*39
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPRTE,1,1,c,0*07
$GPRMC,162045,A,5058.809,N,00647.103,E,001.1,131.5,061099,000.6,W*69
$GPRMB,A,,,,,,,,,,,,V*71
$GPGGA,162045,5058.809,N,00647.103,E,1,03,2.5,63.1,M,47.2,M,,*79
$GPGSA,A,2,02,,,,09,,,,26,,,,2.5,2.5,*12
$GPGSV,3,1,10,02,39,059,49,05,13,217,00,07,30,105,00,08,14,267,00*7E
$GPGSV,3,2,10,09,50,272,50,13,02,136,00,21,10,331,00,23,33,295,00*7F
$GPGSV,3,3,10,26,70,170,45,27,04,087,00,,,,,,,,*72
$PGRME,41.6,M,,M,41.6,M*00
$GPGLL,5058.809,N,00647.103,E,162046,A*23
$PGRMZ,207,f,2*1F
[...]

Wie man hier sieht, gibt der Pluto zyklisch eine Folge von 13 verschiedenen Msgtypes aus, danach wiederholt sich die Folge wieder (hier beginnend mit $GPRME in der drittletzten Zeile). Man kann hier ebenfalls sehen, dass die Koordinaten von $GPGLL über $GPRMC und $GPGGA bis wieder hin zu $GPGLL in der zweitletzten Zeile sich nicht ändern, der Pluto hat also in diesem Zeitraum noch keine neue Position berechnet. Hingegen ändert sich die Uhrzeit, wie man am Fortschreiten der Sekunden von 16h20m44s über 16h20m45s bis 16h20m46s sieht. Das schnuckelige 'Potsdam' in der $PGRMM MSG gibt übrigens keineswegs eine Position 'in Potsdam' an o.ä., sondern kennzeichnet das für den aktuellen Koordinatensatz verwendete topografische Bezugssystem - in diesem Fall also das sog. 'Potsdam Datum'. Mehr dazu hier.

Die meisten GPS Empfänger lassen sich bezüglich der ausgegebenen Msgtypes konfigurieren, man kann Art und Zeitraster der ausgegebenen Msgtypes definieren. Weiterhin ist oft das Bezugssystem eines Parameters definierbar, als z.B. miles/h oder km/h, Höhe in Meter oder feet, etc. pp.

Viele Msgtypes enthalten teilweise identische Informationen und sind also redundant. Als Beispiel hier die beiden msgtypes $GPRMC und $GPGLL

$GPGLL,5058.809,N,00647.103,E,162044,A*21
$GPRMC,162045,A,5058.809,N,00647.103,E,001.1,131.5,061099,000.6,W*69

$GPGLL, <msgtype>
5058.809,N,00647.103,E, <Koordinaten>
162044, <Uhrzeit>
A <Status>
*21 <Checksumme>

$GPRMC, <msgtype>
162045, <Uhrzeit>
A, <Status>
5058.809,N,00647.103,E, <Koordinaten>
001.1, <Geschwindigkeit in Knoten>
131.5, <Kurs/Richtung in Grad>
061099, <Datum>
000.6,W <magnetische Abweichung, Betrag in Grad und Richtung W/E für West/Ost>
*69 <Checksumme>

Aus beiden Msgtypes kann man also Position, Status, und Uhrzeit ablesen, aber $GPRMC übermittelt eben zusätzliche Informationen. Ähnliche Überlappungen gibt es mit der $GPGGA Sentence:

$GPGGA,162045,5058.809,N,00647.103,E,1,03,2.5,63.1,M,47.2,M,,*79

2.2 Elektronische Kompasstechniken



Seit Jahrtausenden helfen Kompasse dem Menschen, von Punkt A nach Punkt B zu gelangen. Historiker datieren den ersten Verkehrskompass in das Jahr 2634 v. Chr., als ein chinesischer Erfinder einen Magneten an einem Faden aufhängte, um sein Gefährt zu steuern. Leider stellen die meisten der heute benutzten Kompasse, gleich ob mechanisch oder elektronisch, keine wesentliche Verbesserung gegenüber dem ursprünglichen Prinzip dar. Noch immer wackeln sie bei Erschütterung, verlieren den Kurs bei magnetischer Interferenz und werden während des Betriebs durch Störfaktoren wie Vibration, Neigung oder Beschleunigung ungünstig beeinflusst.

Erst seit kurzer Zeit wird die Technologie dazu eingesetzt, den Kompass der digitalen Zukunft anzupassen. Der im wesentlichen mechanische Kompass besteht nach wie vor aus einer magnetischen Nadel, die in einem Edelsteinlager aufgehängt ist. Die bedeutendste Neuerung bei den mechanischen Kompassen innerhalb der letzten vier Jahrtausende beruht auf dem Einbetten der Magnetnadel in eine viskose, dämmende Flüssigkeit, um ein schnelleres Ausrichten der Nadel nach dem Drehen des Kompasses zu ermöglichen und so die Schwingungen der Nadel erheblich zu reduzieren.

Im Laufe des vergangenen Jahrhunderts kamen elektronische Magnetometer in Gebrauch; jedoch erst seit den 70´er Jahren stehen echte Produktvarianten elektronischer Kompasse allgemein zur Verfügung. Die Funktion des größten Teils dieser Kompasse beruht auf der Wirkweise der „Flux-gate"-Magnetometer, einer Technologie, die in den 30´er Jahren entwickelt wurde. Diese hatten eine mechanische Kardanaufhängung, um neigungsbedingte Fehler auszuschalten; ihr Einsatz beschränkte sich fast ausschließlich auf den Bereich der Navigation, meist auf Segelschiffen. Seither sind mehrere Hersteller dazu übergegangen, letztendlich

einen echten digitalen Kompass zu entwickeln und somit die Anwendungsgrenzen des Kompasses für eine Reihe neuer Herausforderungen aufzubrechen. Einige Unternehmen hatten damit Erfolg und wenden gleichzeitig neue Magnetsensortechnologien an, um die verhältnismäßig hohen Kosten digitaler Kompasse in Grenzen zu halten.

Der grundlegendste Schritt in der Entwicklung eines Kompasses ist das Herstellen einer Vorrichtung, die das niedrige magnetische Gleichfeld der Erde misst. Das hat die magnetische Nadel des mechanischen Kompasses seit Tausenden von Jahren zufriedenstellend geleistet. Der elektronische Kompass jedoch benötigt eine Art elektrischer Übermittlung, um das vergleichsweise schwache Erdmagnetfeld auszumessen und das Ergebnis dann in eine ablesbare Anzeige umzuwandeln. Eine Mischform beider Problemlösungen, wie sie in der Vergangenheit angewandt wurde, besteht in der Kombination einer magnetisierten Scheibe mit optischer Kodierung und einem Photodiodenpaar, das die Stellung der Scheibe entschlüsselt. Diese magnetisierte Scheibe fungiert nun wie ein normaler mechanischer Kompass, und die elektronische Optik leitet die Daten zu einem Mikroprozessor, der die Information zur Anzeige bringt. Leider aber weist dieser Lösungsversuch alle Schwachstellen der mechanischen Kompasssysteme auf. Der vorliegende Beitrag befasst sich nicht mit dieser Kategorie elektronischer Kompasse, sondern beschränkt sich auf die Besonderheiten der Kompasse auf Basis der direkten magnetischen Umsetzung (Magnettransduktion).

Variable Werte, die die Kompassleistung beeinflussen

Bild 1 zeigt schematisch den Aufbau des Erdmagnetfeldes; ausgehend von den magnetischen Polen bilden die (gedachten) Feldlinien außerhalb der Erdoberfläche geschlossene Kurven, entlang derer sich eine magnetische Kompassnadel tangential ausrichten wird.

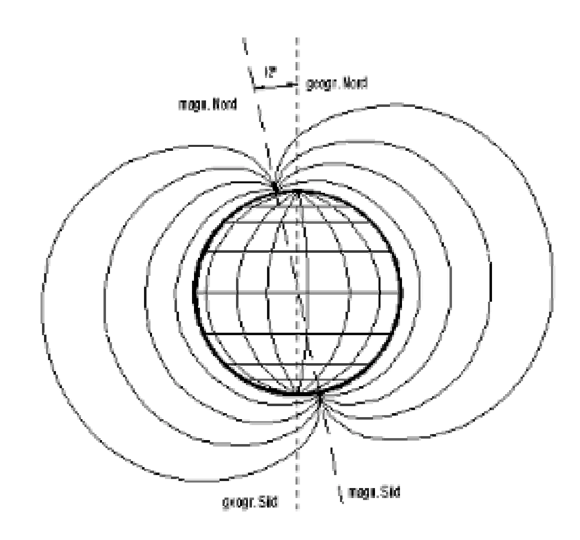


Bild 1: Aufbau des Erdmagnetfeldes

Wie bei jedem Magneten verläuft auch das Magnetfeld der Erde dreidimensional, d.h. es besteht aus zwei horizontalen (X- und Y-Achse) und einer vertikalen (Z-Achse) Komponente. Zusätzlich wird die Feldverteilung noch durch den Sonnenwind

deformiert, was aber in Bild 1 nicht dargestellt ist. Je weiter man sich einem der Magnetpole nähert, desto größer wird die Z-Komponente des Gesamtmagnetfeldes der Erde. Beispielsweise macht die Z-Komponente für den Breitengrad von San Francisco nahezu 70 % des gesamten Magnetvektors der Erde aus.

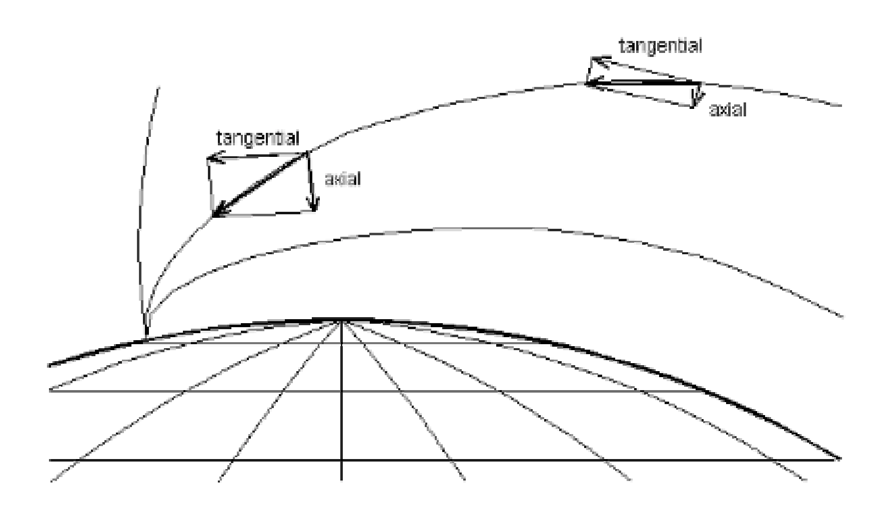


Bild 2: Aufteilung in tangentiale und axiale Komponenten

Somit entsteht ein Problem, wenn ein Kompass mit festen Magnetometern für die X- und die Y-Achse in eine Schräglage gerät. Die relativ große Feldkomponente Z wird von den Sensoren der X-Y-Ebene mitgemessen und führt folglich zu einer verfälschten Anzeige. Je nach Ausrichtung und Breitenposition bewirkt ein solcher neigungsbedingter Fehler eine bis zu fünf Grad abweichende Fehlanzeige für jedes Grad Abweichung des Kompasses von der Horizontalen.

Für das beschriebene Problem gibt es drei Lösungen. Die erste besteht darin, das System, in das der Kompass eingebaut wird, so zu fixieren, dass es immer in der waagerechten Ebene bleibt. Die zweite wird durch eine mechanische Kardanaufhängung der magnetischen Sensoren erreicht, so dass sichergestellt ist, dass diese auch bei Stampfen und Schlingern waagerecht bleiben. Die dritte Lösungsmethode wäre ein elektronischer Neigungsausgleich,

wobei die Messung der Komponente Z mittels eines dritten Magnetometers erfolgt und das Erfassen von Stampfen und Schlingern über eine Art Neigungssensor. Der Neigungsausgleich erfolgt so auf mathematischem Weg durch die Verwendung einer Kosinusrotationsmatrix im Prozessor.

Für Vorrichtungen, bei denen das System in der Waagerechten bleibt, stellen die Magnetkompasse mit zwei festen Achsen eine ziemlich genaue und weniger kostspielige Alternative zu den neigungsausgleichenden Kompassen dar.

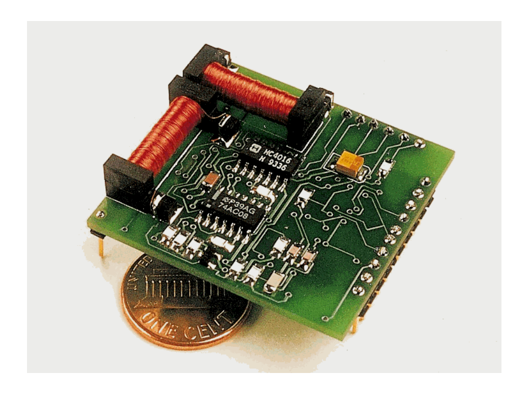


Bild 3: Zweidimensionaler Kompass V2X

Auf schwankenden Plattformen, auf denen ständige Genauigkeit erforderlich ist, bietet sich die mechanische Kardanaufhängung als die einfachste Lösung an. Ein magnetischer 2-Achsen-Sensor wird an einem Pendel (in Kardanaufhängung) befestigt, das in eine viskose Flüssigkeit eingebettet ist, um die Schwingungen zu reduzieren. Derartige Pendelkonstruktionen fangen Neigungen von +/- 20 bis +/- 45 Grad auf.

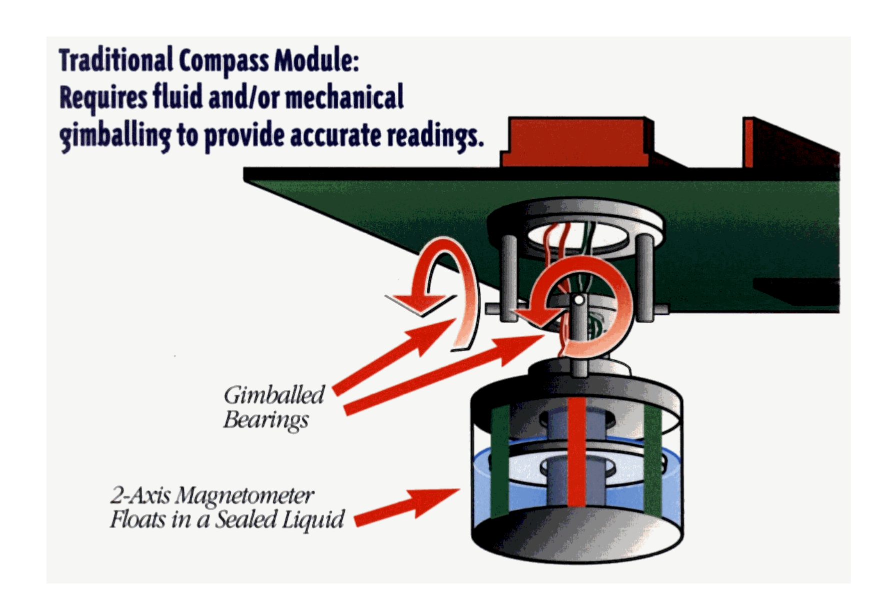


Bild 4: Kardangelagerter Fux-Gate Kompass

Falls die Kompassneigung über diesen Bereich hinausgeht, hilft auch keine Kardanaufhängung mehr, und die Genauigkeit der Messwerte stürzt ab. Dieser Lösungsweg ist mit vielen Schwachpunkten behaftet, zum Beispiel Blockieren der Kardanaufhängung, große Abmessungen, Zerbrechlichkeit und Bewegung des Sensors, je nach Größe des Systems. Eine Variante dieser Konstruktion besteht darin, nur die 2 Sensorspulen pendelnd zu lagern, so dass die bewegliche Masse geringer ist, als bei einem komplett abgependeltem Sensormodul. Dies ermöglicht einfachere und kleinere Aufhängungen als mit einem 2-achsigen Kardangelenk und führt zu einer kostengünstigeren und robusteren Konstruktion.

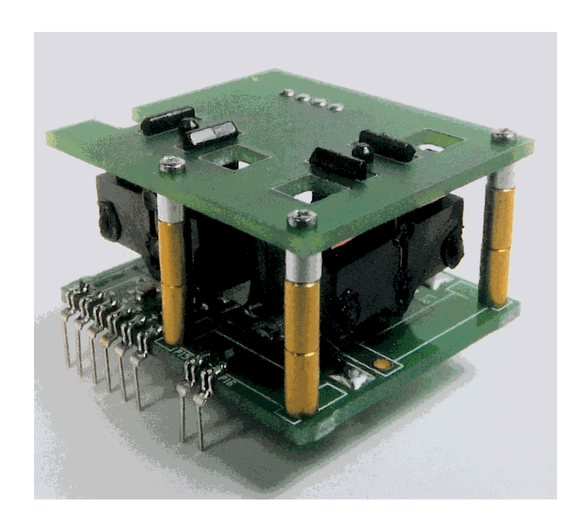


Bild 5: Neigungskompensierter Kompass V2XG

Ein dritter Ansatz ist die rein elektronische Lösung. Bei Einsatz eines 3-Achsen-Magnetometers zum Erfassen der X- sowie der Y- und der Z-Achse des Magnetfeldes werden unter Berücksichtigung der Messwerte eines Neigungsmessers die bei Schieflage des Kompasses entstehenden Fehler durch den Mikroprozessor des Moduls mathematisch korrigiert. Die Winkelwerte des Neigungsmessers können ebenso dem Benutzer angezeigt werden; sie können auch auf einem übergeordneten System ausgegeben werden. Auf diese Weise lassen sich zusätzliche für die Orientierung wichtige Informationen ohne Mehrkosten gewinnen.

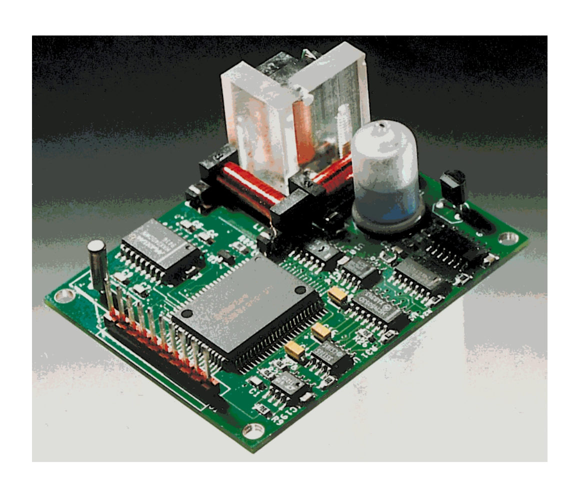


Bild 6: Dreidimensionales Kompassmodul TCM2

Umweltdynamik: neigungskompensierte Kompasse reagieren auf wechselnde Vibration und Beschleunigung. Der einschränkende Faktor sind nicht die magnetischen Sensoren, sondern die neigungsausgleichenden Mechanismen, sowohl die Kardanaufhängung als auch die Neigungsfühler. Kompasse in mechanischer Kardanaufhängung sind höchst empfänglich für Planschbewegungen (sloshing) und reagieren verzögernd auf rollenden oder stampfenden Plattformen. Auch Neigungsmesser in Flüssigkeiten versagen im Falle schneller Beschleunigung. Ein Verändern der Viskosität der Flüssigkeit kann das Problem verringern. Auf sehr dynamischen Plattformen - zum Beispiel Militärflugzeugen - sorgen

Beschleunigungsmesser und mit Magnetometern verbundene Gyroskope für die höchste Zuverlässigkeit, allerdings zu einem erheblich höheren Preis.

Korrektur der magnetischen Abweichung: Die Achse des Erdmagnetfeldes ist um 12° geneigt gegenüber der Rotationsachse der Erde. Folglich stimmen die magnetischen Pole nicht mit den geographischen Polen überein. Der magnetische Nordpol liegt bei 75° N, 100° W im Bereich der kanadischen Sverdrup-Inseln nahe der Ortschaft Resolute, der magnetische Südpol bei 78° S, 110° O in der Nähe der Polarforschungsstation Wostok auf dem antarktischen Kontinent. Je näher man sich an den magnetischen Polen befindet, umso größer ist die tangentiale Missweisung (Deklination) eines Kompasses, also die Winkelabweichung der tatsächlichen zur angezeigten Himmelsrichtung, die durch den räumlichen Abstand von ca. 1700 km zwischen geographischem und magnetischem Nordpol (Südpol: 1300km) entsteht.

Eine Korrektur kann nur näherungsweise innerhalb eines begrenzten Gebietes dadurch erfolgen, dass bei ungefähr bekanntem Längen- und Breitengrad durch trigonometrische Berechnung die Missweisung kompensiert wird. In der Praxis kann bei Kompasssystemen, die über eine entsprechende Korrekturmöglichkeit verfügen, der Winkel der Missweisung vorgegeben werden, der vom Messergebnis subtrahiert wird.

Jeder Kompass funktioniert einwandfrei in einem kontrollierten Umfeld, wo das magnetische Feld nur das der Erde ist. In der Praxis jedoch wird ein Magnetkompass meist in ein übergeordnetes System eingebaut, beispielsweise in ein Fahrzeug, in welchem umfangreiche magnetische Störfelder auftreten können - eisenhaltige Metallgehäuse, Transformatorkästen, elektrische Leitungen und Dauermagnete in Elektromotoren sind nur einige der „Übeltäter".

Dieser „Harteisen"-Magnetismus bleibt längere Zeit relativ stabil und lässt sich daher mittels der Kompassanzeigen messen und kalibrieren. Die Kalibrierung besteht aus dem Rotieren des Systems, in dem das Kompasselement eingebaut ist, um 360 Grad sowie aus dem Speichern einiger Magnetdaten während der Rotation. Sobald die örtlichen Magnetfelder, die die Abweichungsfehler verursachen, erst einmal durch Messen erfasst sind, müssen die Magnetsensoren in ihrer relativen Position zu dem betreffenden örtlichen Störfeld fixiert werden. In diesem Punkt besteht ein gravierender Nachteil der mechanisch in Kardanaufhängung konstruierten Kompasse. Die Sensoren befinden sich am Ende eines Pendels und können daher ihre relative Position innerhalb des Störfeldes verändern, was die Genauigkeit des Kompasses verringert.

Precision Navigation's TCM2 (Abb. 6) arbeitet mit festen Magnetometern, die ihre Lage hinsichtlich des beherbergenden Systems niemals verändern, so dass die Kalibrierungsdaten über den gesamten Neigungsbereich Gültigkeit haben. Im TCM2 werden die Kalibrierungsdaten im nichtflüchtigen EEPROM des Gerätes gespeichert und bleiben so auch im ausgeschalteten Zustand erhalten.

Eine schwererwiegende örtliche magnetische Abweichung ist der „Weicheiseneffekt", der in Stärke und Richtung variiert - d.h. er kann das Magnetfeld der Erde im Inneren eines Fahrzeugs oder einer Apparatur verstärken oder abschwächen. Ein analoges Beispiel ist ein Felsblock (Weicheisen) in einem Fluß (magnetisches Feld). Der Felsblock kann das Wasser in viele Richtungen ablenken, was von einer Reihe von

Variablen abhängt, als da sind Kurs, Ausmaße, Nähe usw. Nur wenige Kompassmodelle sind in der Lage, Weicheisen-Unregelmäßigkeiten zu beherrschen.

Temperatur: Die Sensibilitätsmerkmale der verschiedenen Magnetometertechnologien werden von der Temperatur beeinflusst. In Anwendungssituationen, in denen der Kompass beeinträchtigenden Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist, ist die Kompensation der Temperatur ein wesentlicher Faktor zur Erzielung einer möglichst großen Genauigkeit.

„Flux-Gate"-Technologie

Ein Flux-Gate Sensor besteht aus einer niedrig-koerzitiven ferromagnetischen Scheibe (siehe Bild 4), die schwimmend auf einer Flüssigkeit gelagert und die von Antriebs- und Tastspulen umgeben ist. Dieser Kern wird mit Wechselstrom aus der Antriebsspule gespeist, wobei eine Wechselspannung in der Tastspule induziert wird, die neben der Antriebsfrequenz auch deren harmonische Oberwellen zweiter und höherer Ordnung enthält. Das Auftreten eines äußeren Magnetfeldes verursacht eine Verschiebung der Hystereseschleife und bewirkt eine Veränderung des Anteils der zweiten Harmonischen im Ausgangssignal in Abhängigkeit zur Stärke des äußeren Magnetfeldes.

Die meisten „Flux-gate"-Magnetometer sind biaxial - d.h. sie tasten nur das horizontale (X und Y) Magnetfeld der Erde ab. Das genaue Abtasten der vertikalen Magnetfeldkomponente (Z-Achse) wird kritisch, wenn der Kompass allseitig gedreht werden soll (kardanische Aufhängung). Einige Hersteller von „Flux-gate"-Kompassen bieten elektronische Modelle an; diese sind im engeren Sinn biaxiale Sensoren in Verbindung mit einer redundanten Achse, die mit einem Neigungssensor kombiniert ist.

Magneto-induktive Sensoren

Die magneto-induktiven Sensoren von Precision Navigation wurden 1989 patentiert. Jede der drei Ein-Achsen-Sensorspulen ist auf einen langgezogenen Streifen aus ferromagnetischem Material mit feldstärkeabhängiger Permeabilität gewickelt. Die Sensorspulen sind Teil eines RC-Schwingkreises und liefern jeweils ein Schwingungssignal, dessen Frequenz sich ändert entsprechend der magnetischen Feldstärke in axialer Sensorrichtung. Mit einer rechtwinkligen Anordnung der Sensorspulen erhält man somit eine Zerlegung des Magnetfeldes in die drei Raumkomponenten X,Y und Z. Ein Mikroprozessor empfängt dann Daten in Form von Frequenzen, die entsprechend dem Magnetfeld der Erde in Kursdaten umgerechnet werden. Die Frequenz des Schwingungssignals am Ausgang der Sensorspulen variiert beträchtlich (u.U. um die 100 %), da die Sensorspule - in Bezug auf das Magnetfeld der Erde - bei einer Drehung um 180° aus der parallelen in die antiparallele Richtung bewegt wird. Solch erhebliche Frequenzdifferenzen weisen darauf hin, dass eine sehr genaue digitale Anzeige des Winkels zwischen der Ausrichtung des Kompassmoduls und dem magnetischen Nordpol vom Mikroprozessor geliefert werden kann.

Dank der Einfachheit von Konzept und Material sind magneto-induktive Sensoren sehr preisgünstig in der Herstellung und lassen sich verhältnismäßig klein gestalten. Weil sie induktiv arbeiten, verbrauchen sie einen Bruchteil des Stroms der „Flux-Gate"-Sensoren - nämlich 2 bis 3 mA gegenüber 40 bis 60 mA.

Magnetoresistoren (MR)

Permalloy und andere Materialien weisen Schwankungen ihres ohmschen Widerstandes auf, wenn sie unterschiedlichen äußeren Magnetfeldern ausgesetzt werden. Bei der Herstellung von Magnetoresistoren werden dünne Streifen Nickel-Eisen (NiFe) auf einen Siliziumuntergrund aufgebracht, wodurch eine magnetoresistive Brücke entsteht, auch die Integration eines Auswerteschaltkreises ist möglich. Ein Magnetfeld dreht den inneren Magnetisierungsvektor des Filmstreifens (NiFe), und der jeweilige Winkel dieses Vektors zur Durchflussrichtung des elektrischen Stroms verändert den Widerstand.

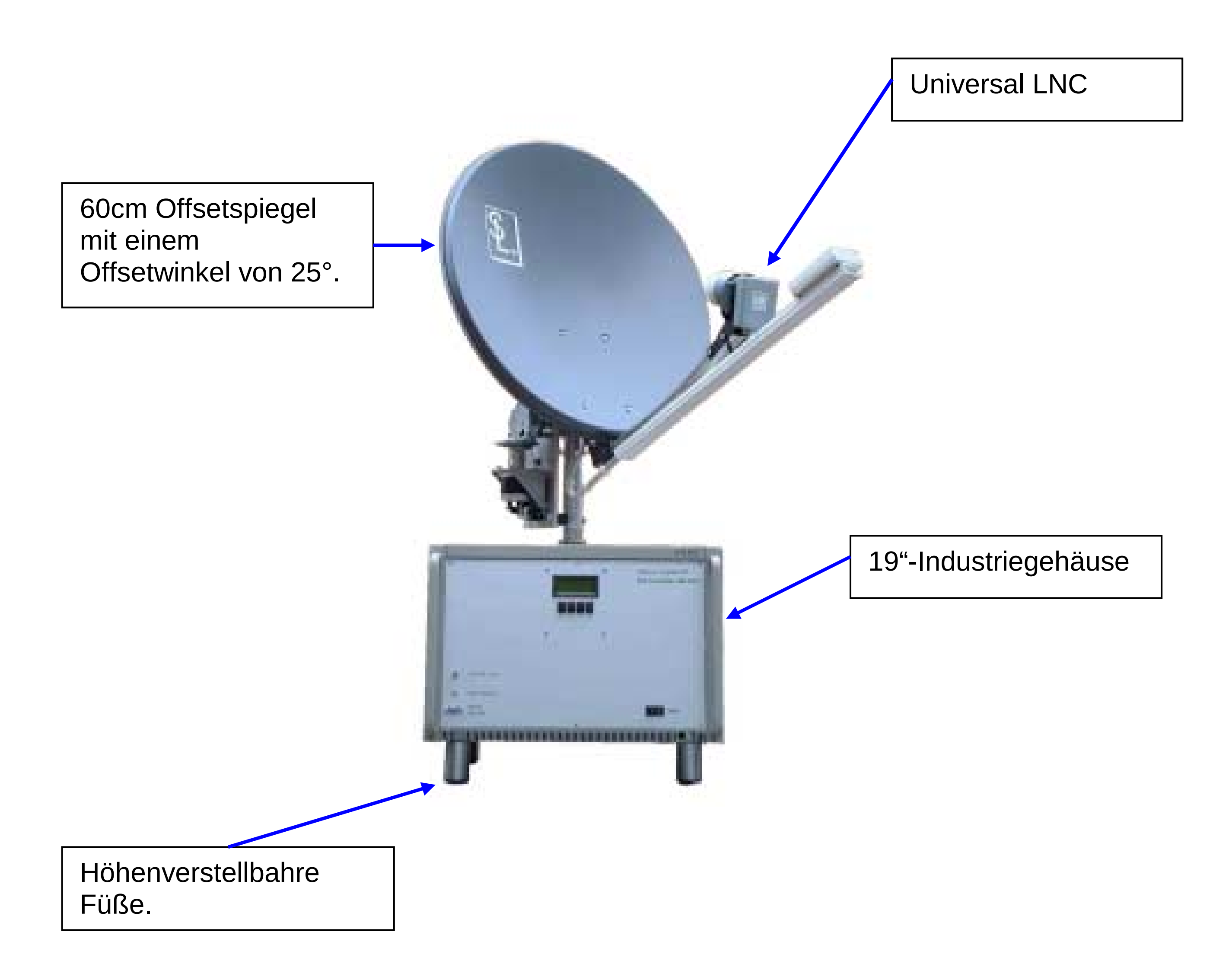
MR-Sensoren sind relativ kostengünstig in der Herstellung. Wie bei den „Flux-Gate"-Sensoren muss bei ihnen jedoch für zahlreiche Anwendungszwecke die Analogausgabe mittels eines A/D-Wandlers digitalisiert werden, was die Kosten und den Entwicklungsaufwand erhöht.

Hall-Effekt Sensoren

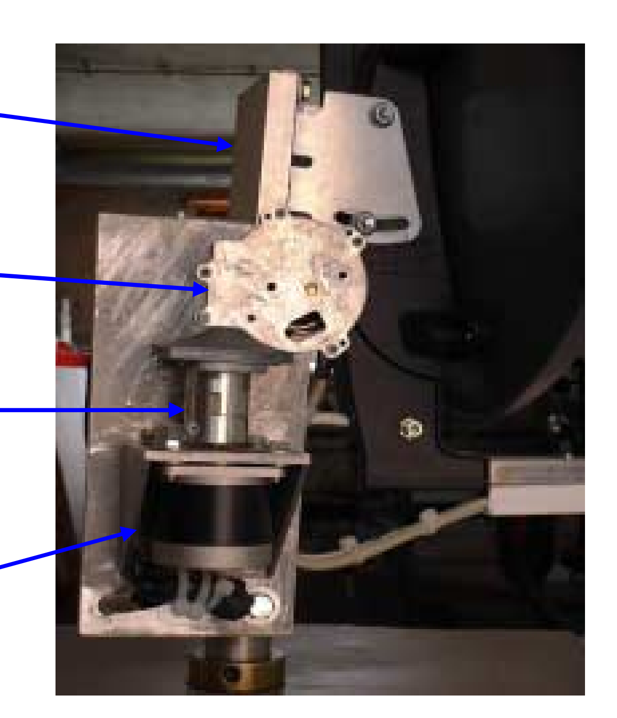
Hall-Effekt Sensoren stehen am untersten Rand des Empfindlichkeitsspektrums. Sie werden mit monolithisch integrierten Schaltkreisen gefertigt und sind somit klein und preiswert. Allerdings sind sie in einem hohen Maß ungeeignet zum Messen des Magnetfeldes der Erde, da sie unter Abdriften, Instabilität und unzureichender Empfindlichkeit leiden.

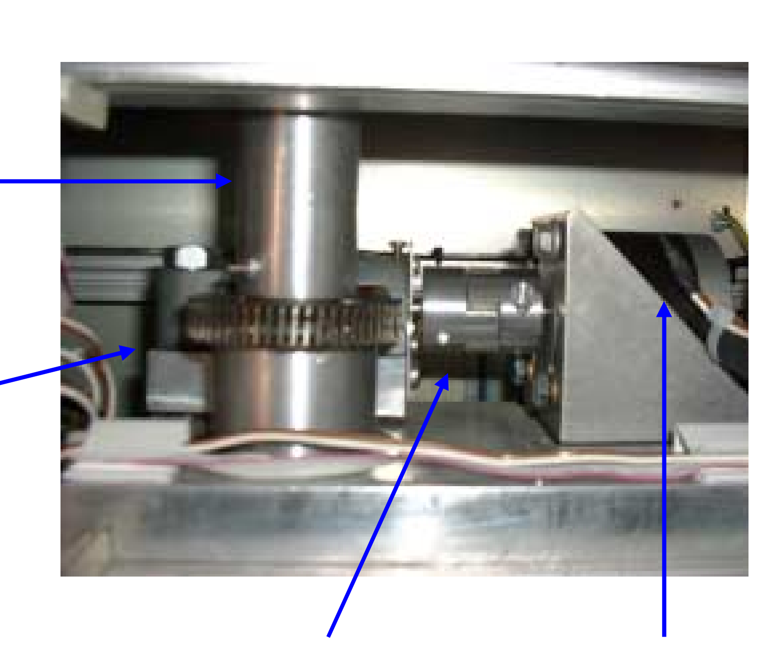
3. Hardwarebeschreibung

3.1 19“-Gehäuse, Offsetspiegel, Universal LNC

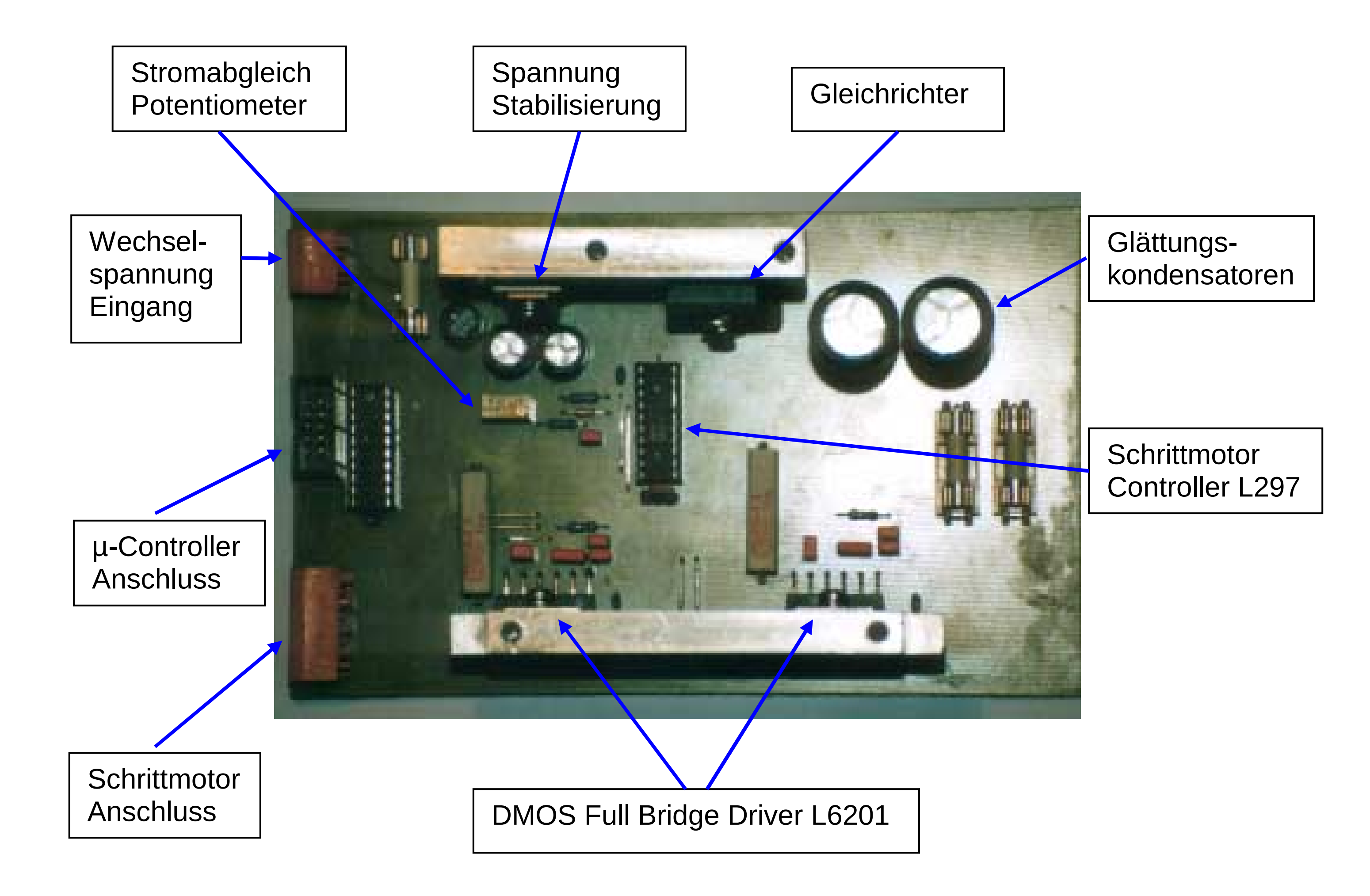


3.2 Schneckenantriebe





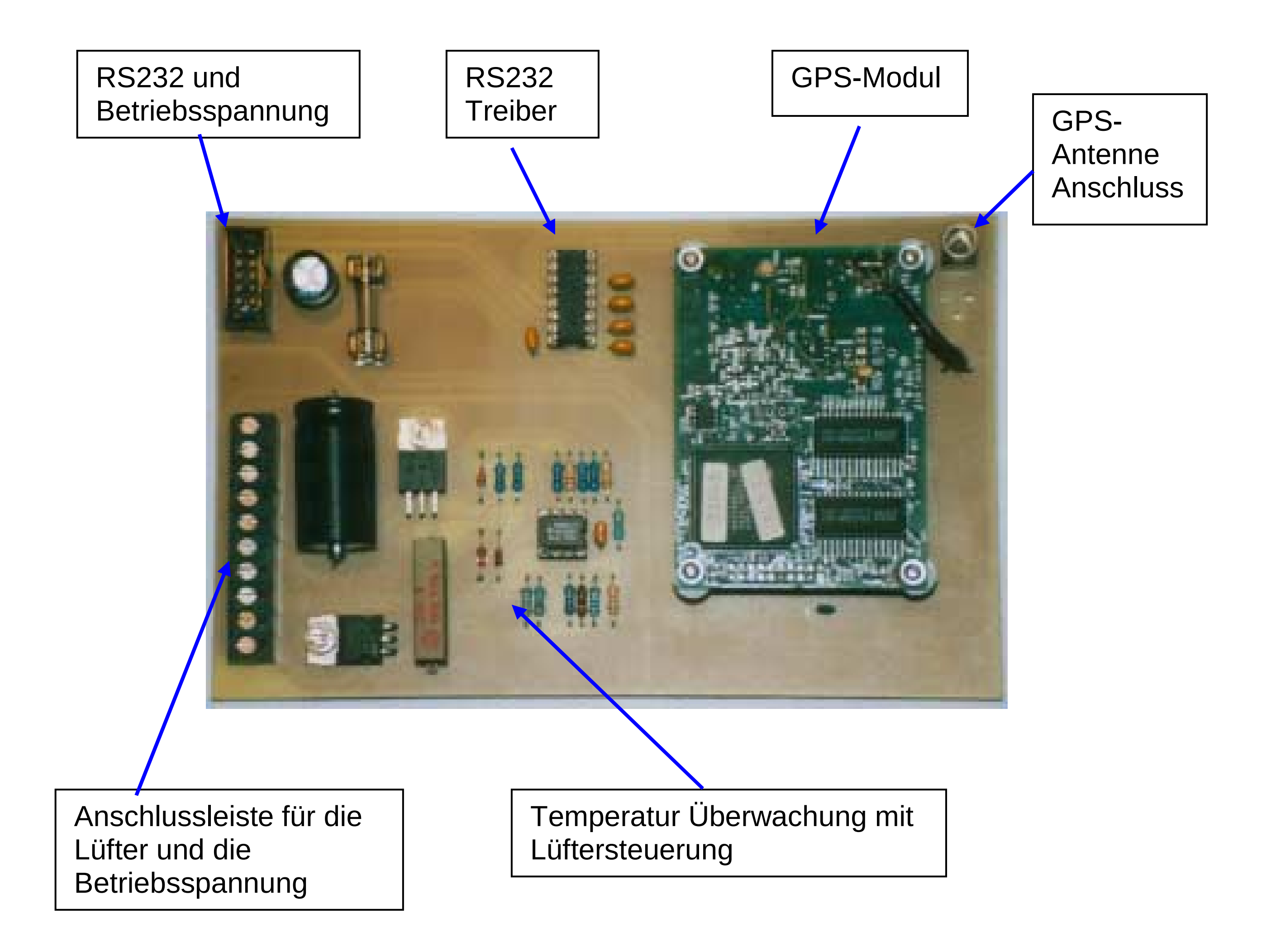
3.3 Schrittmotor Endstufen



Die beiden von uns entwickelten Endstufen werden von einem Ringkerntransformator mit 2 x 15V, 2 x 4,0A gespeist.
Das Wesentliche der Endstufen ist, der verwendete Schrittmotor-Controller L297, der eine Halb/Vollschrittfahrt sowie eine An/Absenkung des Impulsstroms und eine maximale Pulsfrequenz von 100 Hz ermöglicht.
Diese Informationen werden dann von den beiden DMOS Full Bridge Driver L6201 zu einem Impulsstrom für den Schrittmotor umgesetzt.

Der vollständige Schaltplan, das Layout der Platine und die technischen Daten der verwendeten ICs, können im technischen Anhang sowie als PDF-Datei auf der CD-ROM eingesehen werden.

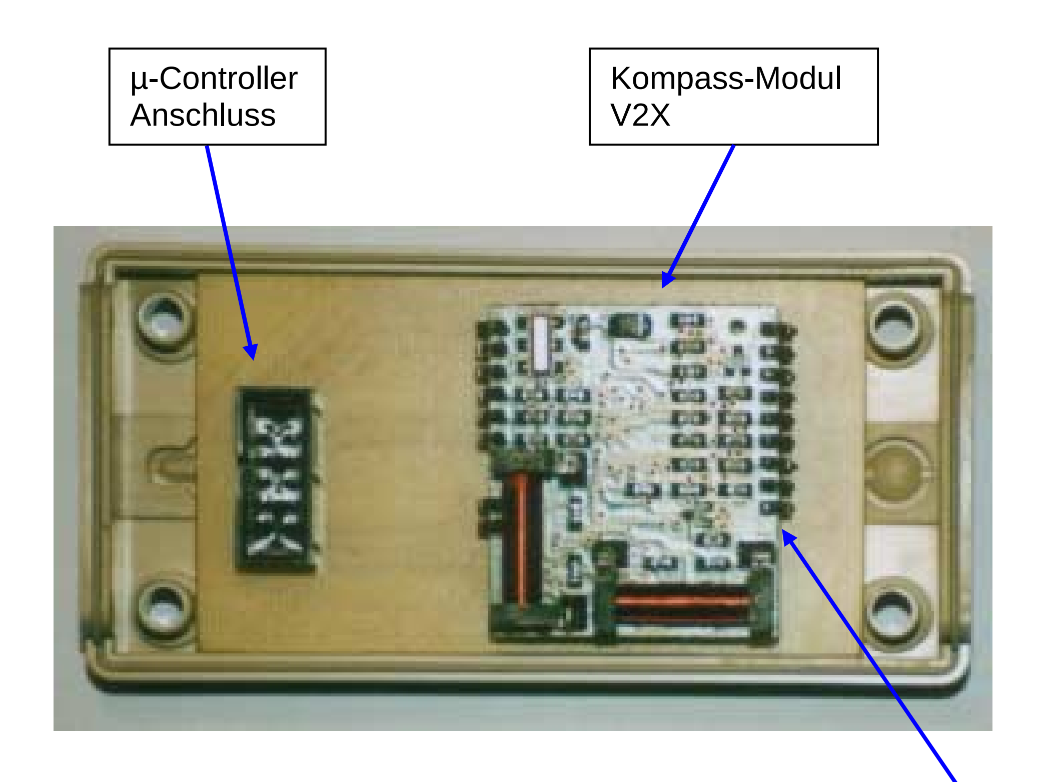
3.4 GPS-Modul



Das von uns verwendete GPS-Modul „Pluto“ stellt ein NMEA-Protokoll mit einer Baudrate von 4800 Baud über die serielle Schnittstelle zur Verfügung.
Dieses Protokoll enthält alle für uns benötigten Daten für die Positionsbestimmung, die durch den µ-Controller ausgewertet werden.
Es kann eine aktive, sowohl wie eine passive GPS-Antenne verwendet werden.
Die nähren Erläuterungen zum GPS-Modul sind in dem Kapitel GPS-Technik sowie auf der CD-ROM als PDF-Datei einzusehen.

Die Lüftersteuerung ist für die Temperaturüberwachung im inneren des Gehäuses zuständig.

3.5 Elektronischer Kompass

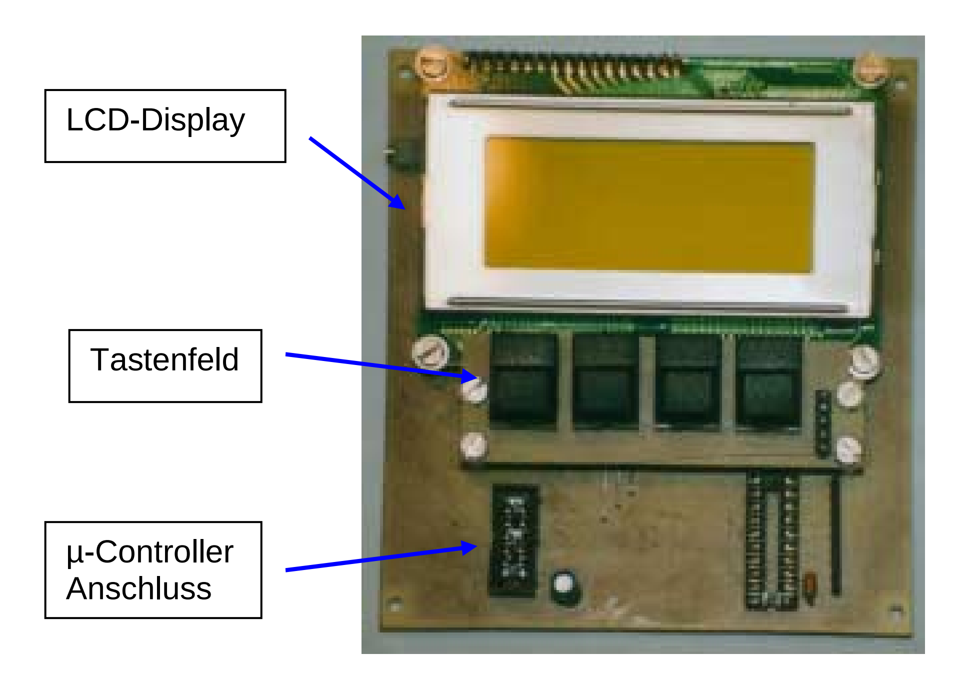


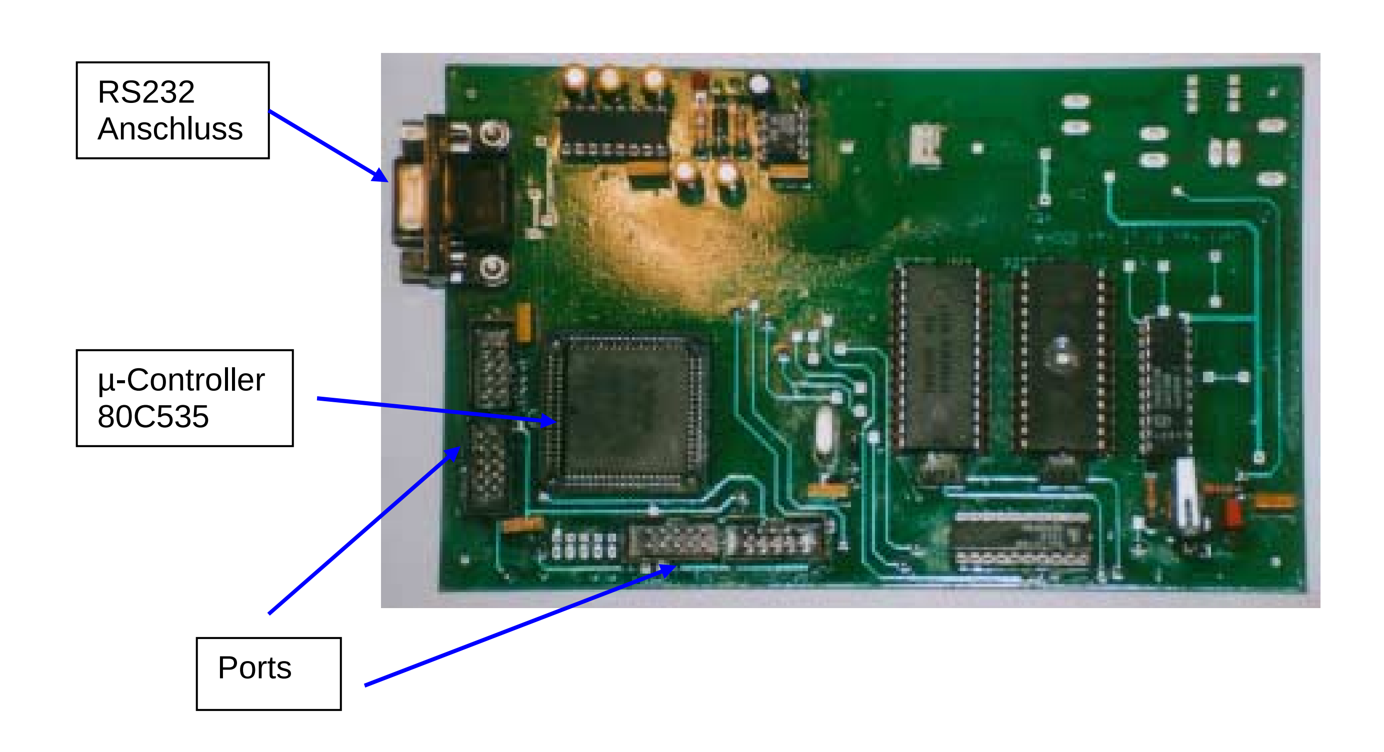
Das hier von uns verwendete Kompass-Modul vom Typ V2X, weist folgende technische Eigenschaften auf:

- Betriebsspannung +5V
- Messgenauigkeit +/- 2°
- Serial Output Format
- Binary/BCD Output Format
- Master/Slave Betrieb
- Betriebstemperatur –20°C bis +70°C

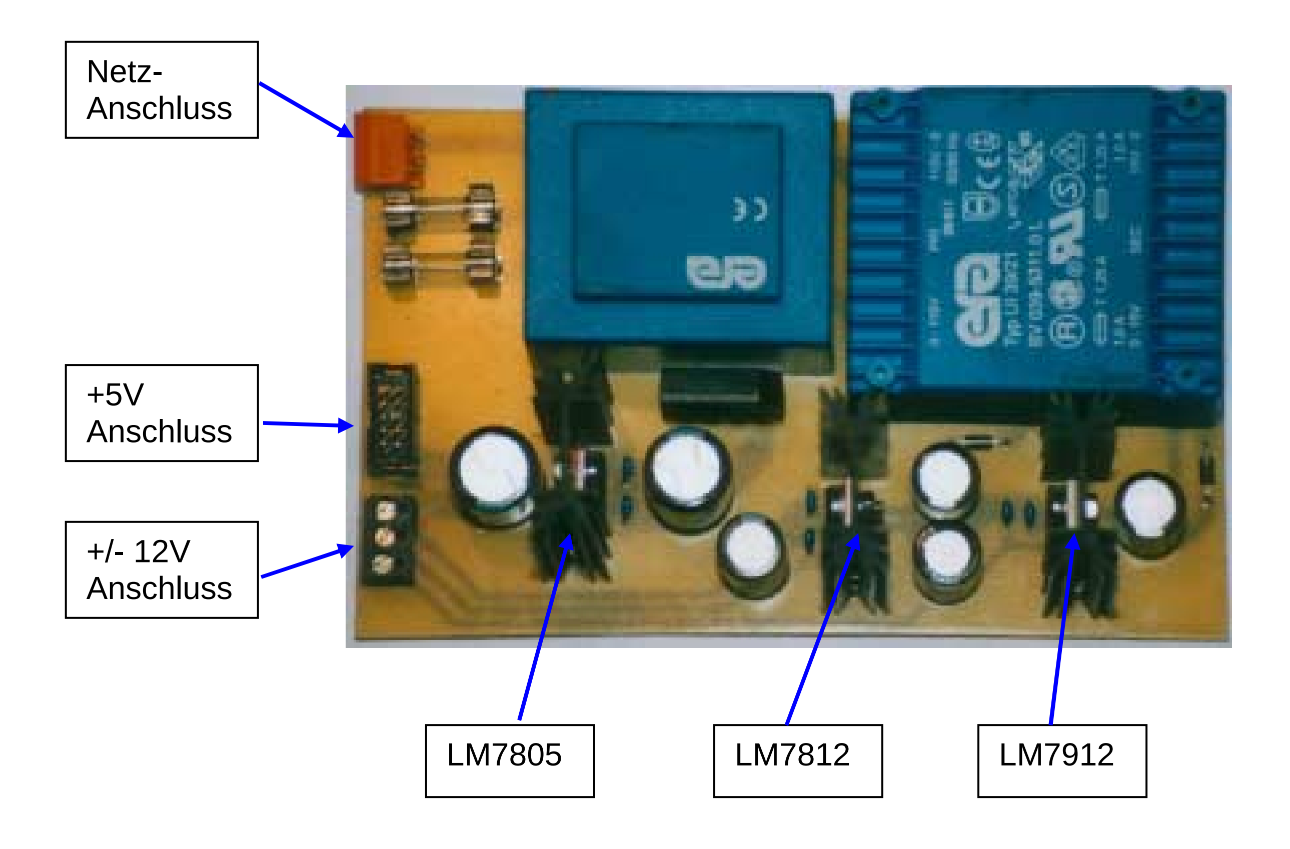
Aus Kostengründen haben wir uns für diesen Typ entschieden, welcher nur die best möglichen Messergebnisse in einer waagerechten Position liefert.
Die nähren Erläuterungen zu den verschiedenen Kommpasstechniken und Messverfahren sind in dem Anhang Kompasstechniken sowie auf der CD-ROM als PDF-Datei einzusehen.

3.6 LCD-Display, µ-Controller 80C535





3.7 Spannungsversorgung



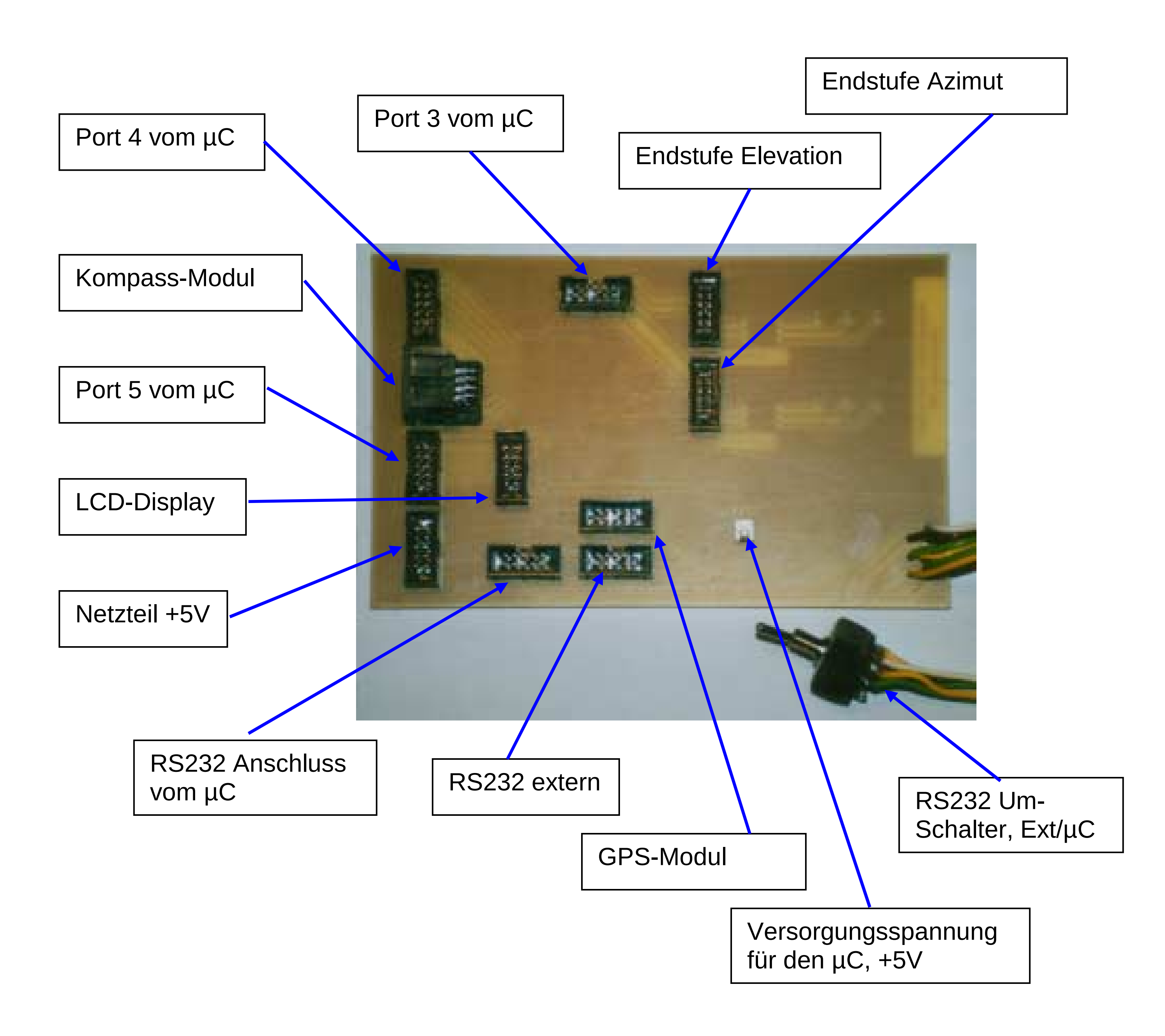
Die Spannungsversorgung ist in zwei, galvanisch von einander getrennten Kreise aufgebaut. Die Spannungsregelung ist mit Festspannungsreglern der Familie LM78XX realisiert worden.

Der Erste liefert eine konstante Gleichspannung von +5V und einen max. Ausgangstrom von 1,5A. Diese ist für die Versorgung vom µC, Kompass, GPS-Modul und dem LCD-Display zuständig.

Der Zweite liefert eine konstante Gleichspannung von +/- 12V und einen jeweils maximalen Ausgangstrom von 1A. Diese ist ausschließlich für die Versorgung der Temperatur/Lüftersteuerung zuständig.

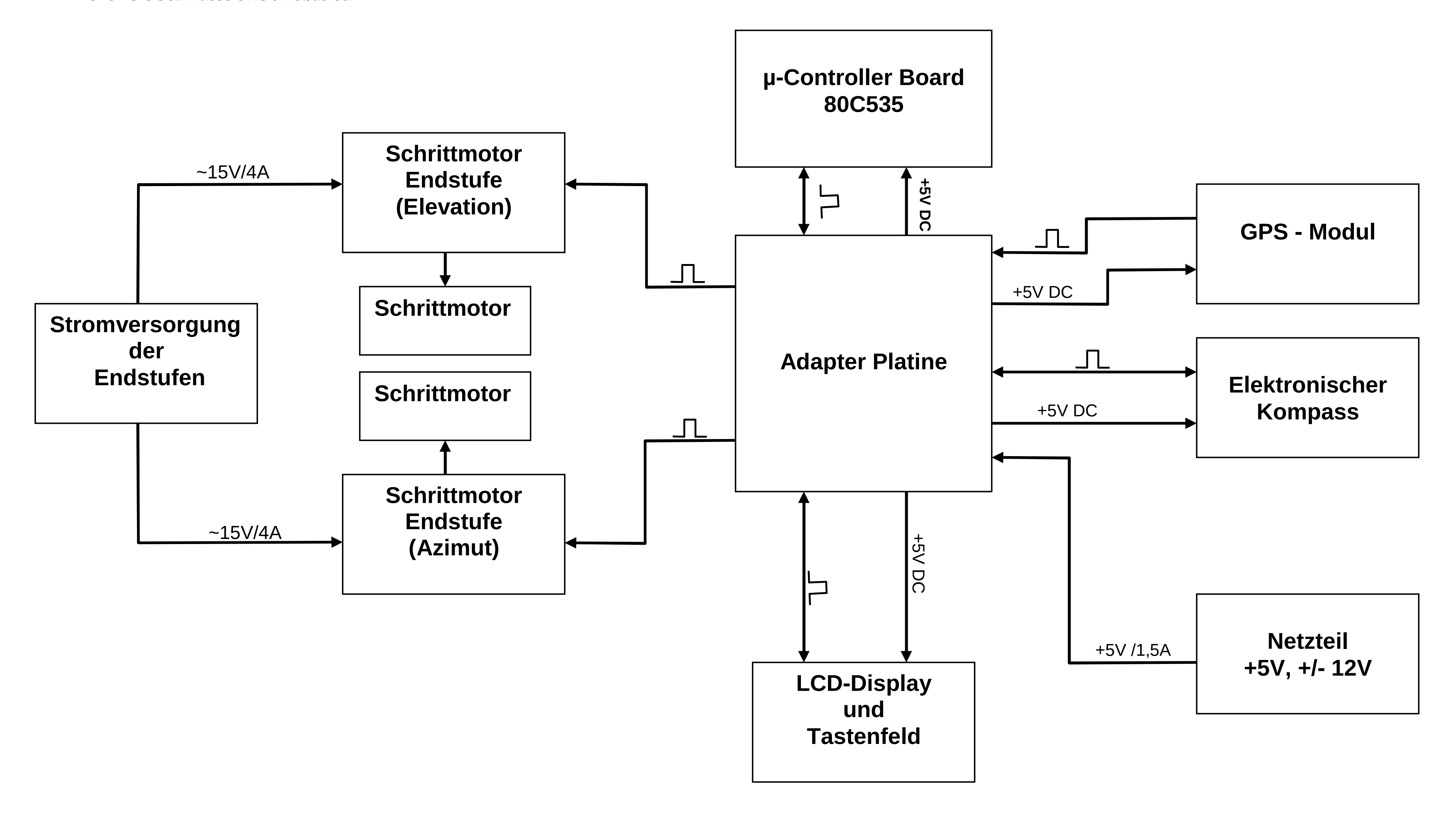
Der vollständige Schaltplan sowie das Layout der Platine können im technischen Anhang eingesehen werden.

3.8 Adapterplatine



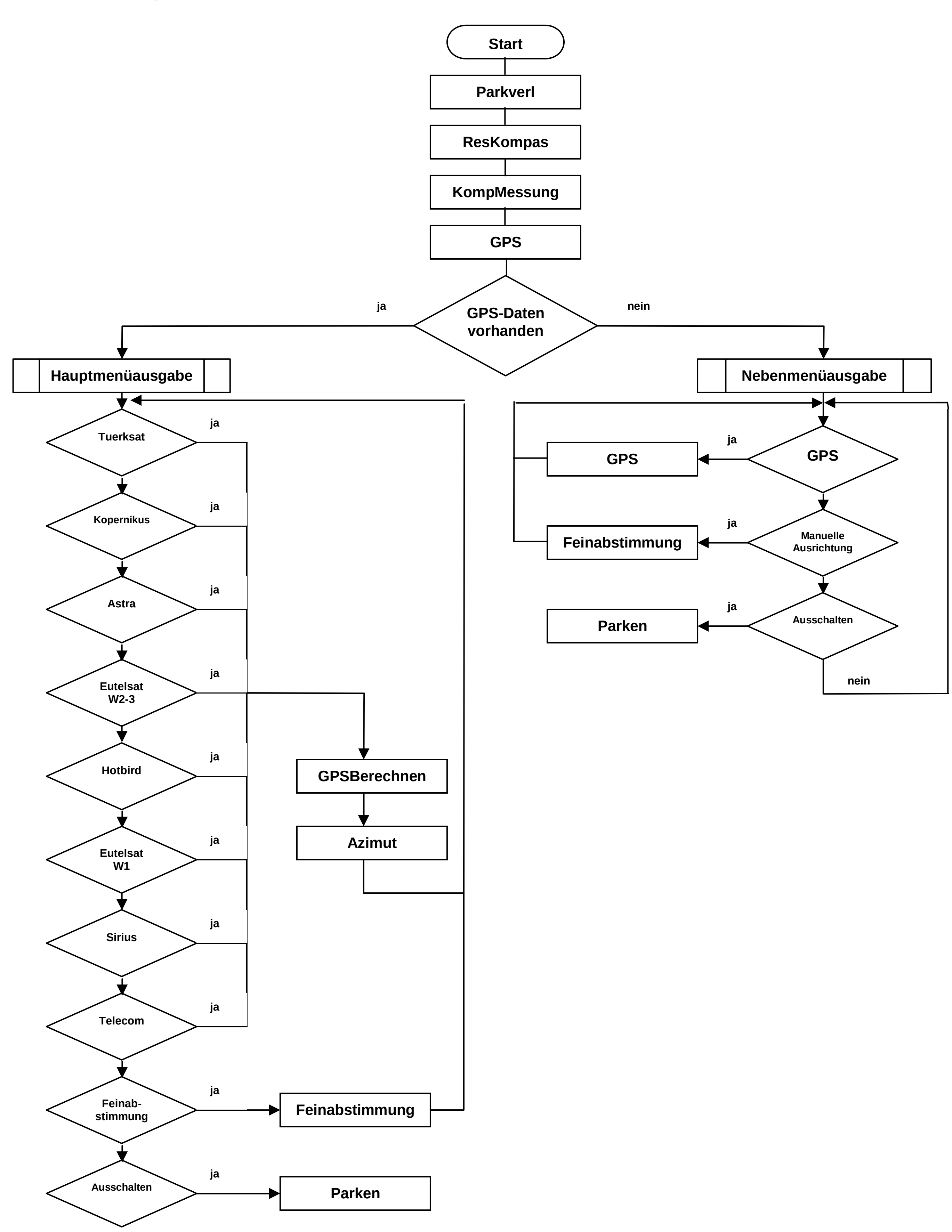
Die Adapter Platine dient ausschließlich zur Verbindung und Einspeisung der Versorgungsspannung der jeweiligen Komponenten des Projekts.

3.9 Gesamtblockschaltbild

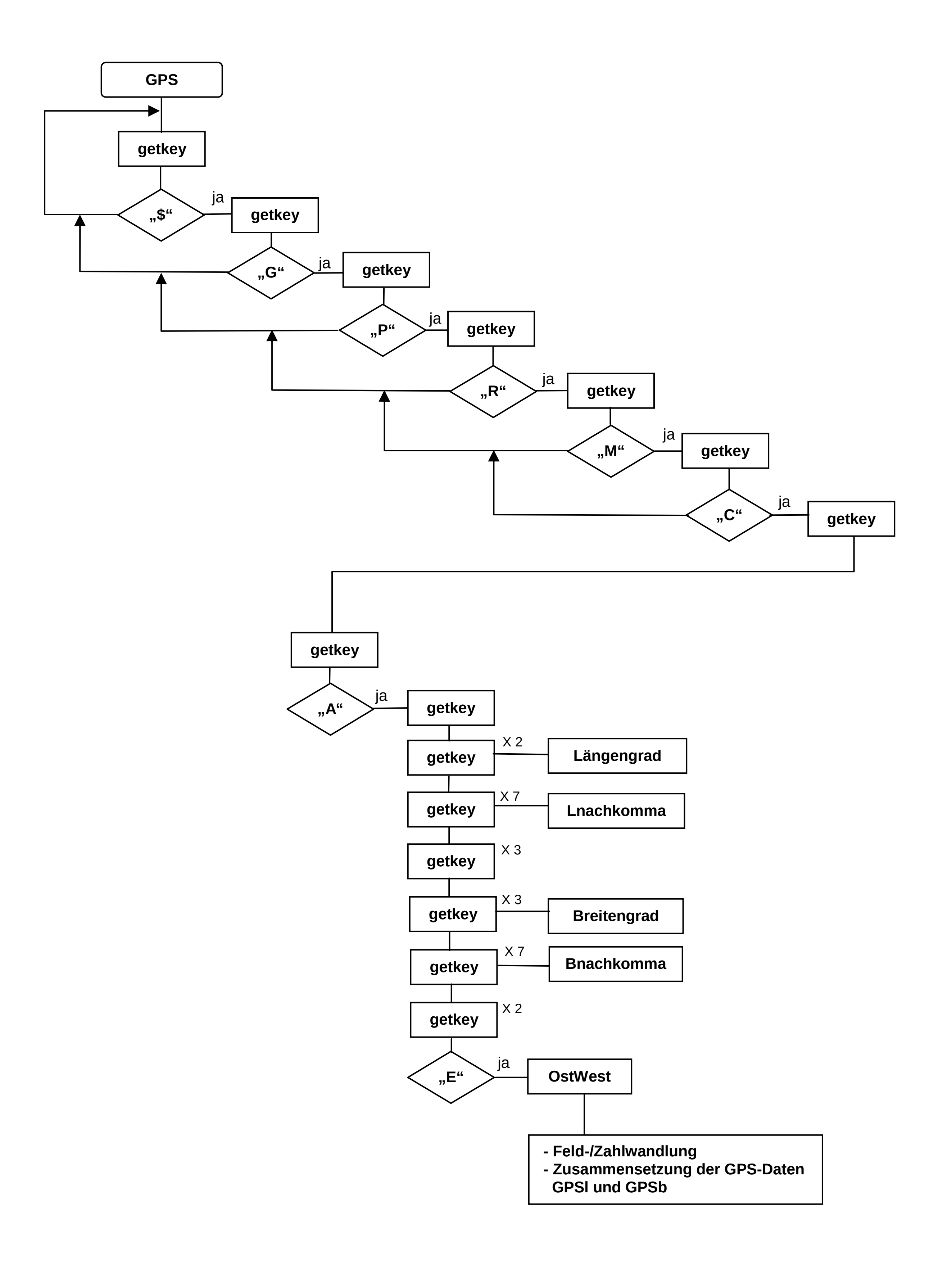


4. Softwarebeschreibung

4.1 Flussdiagramm



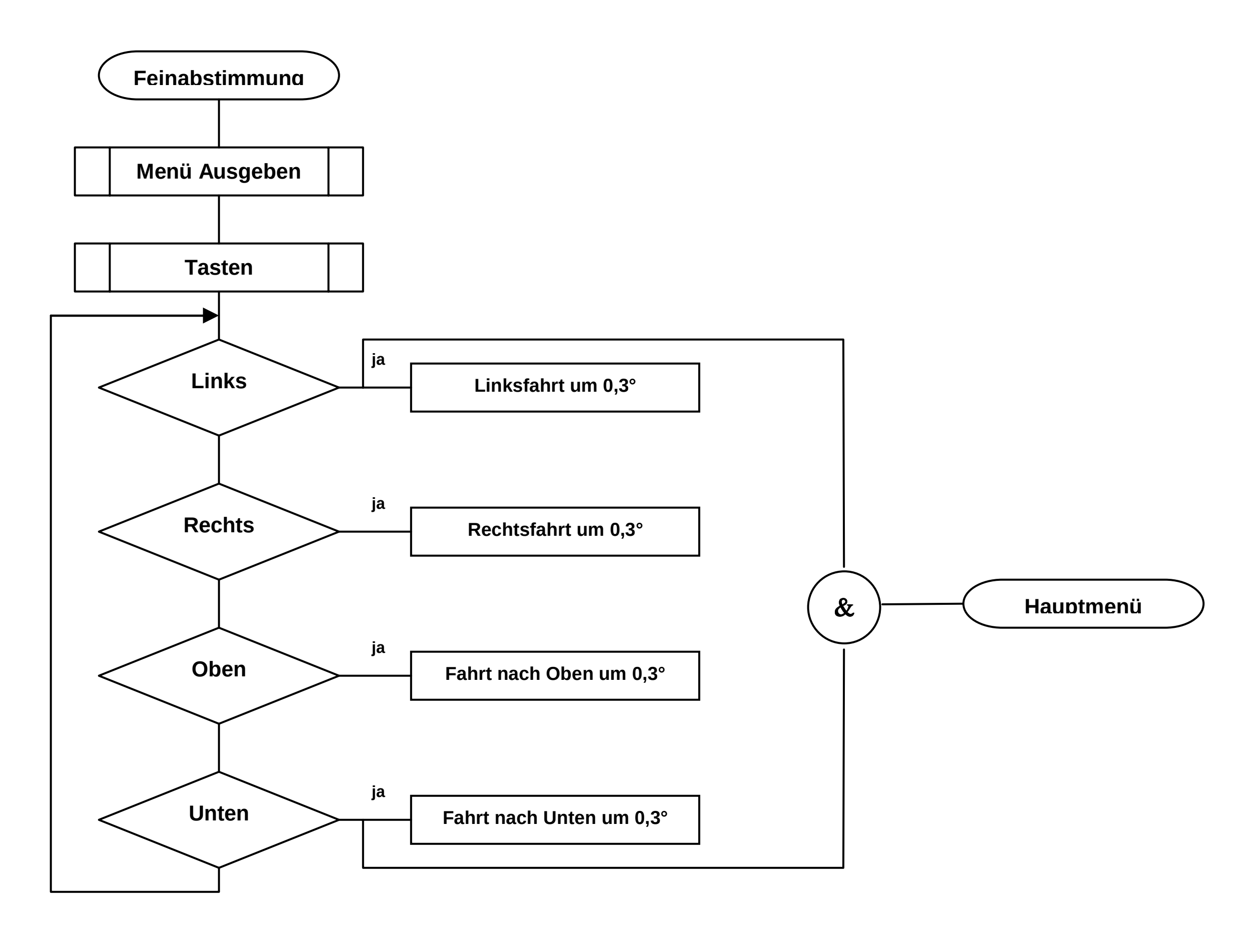
4.2 Unterprogramm GPS



Unterprogramm GPS

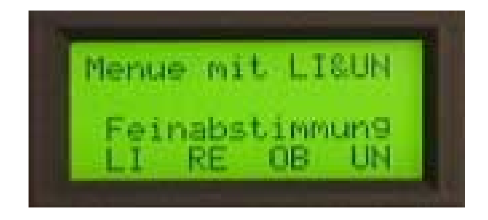
Das von uns verwendete GPS-Modul sendet über seine serielle Schnittstelle eine Anzahl von verschiedenen Strings.
Diese werden im Unterprogramm GPS nach dem String „$GPRMC...“ gefiltert.
Außerdem wird der empfangene String nach dem Gültigkeits-Flag
(V = ungültig, A = gültig) überprüft. Da durch verschiedene Witterungsbedingungen und Einsatzorte es unterschiedlich lang dauern kann, wird hier die Zeit auf 5 Minuten begrenzt.
Anschließend werden die benötigten Positionskoordinaten in die reservierten Felder abgespeichert. Da die Positionskoordinaten im ASCII Format abgelegt sind, werden diese in Fliesskommazahlen gewandelt.
Die Berechnungsformeln (Azimut, Elevation) benötigen die Positionsangaben in Dezimalgrad. Die von GPS-Modul gesendeten Angaben liegen aber in Grad, Minuten und Sekunden vor.
Aus diesem Grund werden diese Angaben in Dezimalgrad umgewandelt.

4.3 Unterprogramm Feinabstimmung



Dieses Unterprogramm ermöglicht, pro jeweils gedrückter Taste, eine Bewegung der Antenne in eine der vier Richtungen (**LI**nks, **RE**chts, **OB**en, **UN**ten) um 0,3°.
Die 0,3° ergeben sich aus dem Übersetzungsverhältnis der Schnecke und der im Programm fest gelegten Anzahl der Schritte.

Dieses Menü kann durch gleichzeitiges betätigen der Tasten „ LI“ und „UN“ verlassen werden.



4.4 Unterprogramm KompMessung

Das Kompass-Modul Vector V2X kann in verschiedenen Modis betrieben werden.
Wir verwenden den SLAVE Modus, mit einem Binary Datenformat.
Das Messergebnis wird auf dem seriellen Datenbus zu Verfügung gestellt.
Um eine Messung starten zu können müssen, anhand der Herstellerangaben, vorgegebene Steuerimpulse generiert werden. Genauere Angaben können auf der CD-ROM als PDF-File eingesehen werden.

4.5 Unterprogramm ResKompas

Vor Beginn der ersten Messung ist es sinnvoll ein RESET des Kompass-Moduls durchzuführen, da er sonst einen Messwert liefern kann der nicht im Bereich zwischen 0° und 359° liegt.
Der benötigte RESET-Impuls darf die Impulsdauer von 10 ms nicht unterschreiten.
(siehe PDF-File des Herstellers auf der CD-ROM)

4.6 Unterprogramm isrex0

Löst der Endschalter den Interrupt 0 aus, so wird die Anzahl der Elevationsschrittimpulse sowie auch die Variablen (an, mitte, ab) auf Null gesetzt.

4.7 Unterprogramm ParkVerl

Nach dem Einschalten des Geräts wird der Zustand des Endschalters überprüft.
Befindet sich die Antenne nicht in der Parkposition, so wird eine Referenzfahrt durchgeführt.
Da das Kompass-Modul sich auf dem LNC-Arm befindet (siehe Gesamtbild in der Bedienungsanweisung), wird der Arm anschließend in eine für die Kompassmessung geeignete, waagrechte Position gebracht.

4.8 Unterprogramm Parken

Mit Hilfe von Unterprogramm Parken wird die Antenne in die Parkposition (siehe Bild unten) gebracht.
Es wird eine Differenz zwischen dem ersten Kompassmesswert und der augenblicklichen Position der Antenne ermittelt, in Anzahl der Schrittmotorimpulse umgewandelt, die Drehrichtung bestimmt und das Unterprogramm CallschrittAz aufgerufen.
Anschließend wird der Elevationswinkel vergrößert bis der Endschalter das externe Interrupt 0 auslöst . Dadurch wird die Antenne in eine waagrechte, transportgünstige Position gebracht.
Danach erfolgt eine Aufforderung das Gerät auszuschalten.



4.9 Unterprogramm Azimut

In dem Unterprogramm Azimut werden die benötigte Anzahl der Schrittmotorenimpulse für die gewünschte Azimut und Elevation Positionen berechnet.
Dabei ist darauf zu achten, dass bei der ersten Ausrichtung der Azimutwert gleich dem Kompasswert ist und in den nachfolgenden Ausrichtungen die augenblickliche Position der Antenne. Das wird in dem Programm durch den Statusflag „First“ realisiert.
Ansonsten wird lediglich die Differenz zwischen der gewünschten Position zu der augenblicklichen Position der Antenne ermittelt, in Anzahl der Schrittmotorenimpulse umgewandelt, die Drehrichtung bestimmt und die Unterprogramme CallschrittAz und CallschrittEl aufgerufen.

4.10 Unterprogramme CallschrittAz und CallschrittEl

In den Unterprogrammen CallschrittAz und CallschrittEl werden die Impulse für die Endstufen zur Ausrichtung von Azimut beziehungsweise Elevation generiert.
Um eine möglichst ruckfreie Fahrt der Antenne zu ermöglichen werden die Schrittimpulse in drei Variablen (an, mitte, ab) mit verschiedenen Impulsdauern unterteilt. Die Variablen (an, mitte, ab) sind variabel und von der Anzahl der Schrittmotorenimpulse abhängig.
Die Impulsdauern sind durch zahlreiche Versuche ermittelt worden und gelten nur für die im Projekt verwendeten Schrittmotoren.

4.11 Unterprogramm GPSBerechnen

Dieses Unterprogramm dient ausschließlich zur Berechnung der Azimut- und Elevationwerte des jeweils ausgewählten Satteliten.
Für die Berechnungen werden folgende Formeln verwendet:

$$\text{Azimut} = \arctan \frac{\tan(Ls-La)}{\sin Ba} + 180°$$

$$\text{Elevation} = \arctan \frac{\cos y - 0{,}15105}{\sin y}$$

$$y = \arctan[\cos(Ls-La) \times \cos Ba]$$

Die östlichen Längengrade La und Ls sind mit negativen Vorzeichen einzusetzen.

Begriffserklärung:

- Ba = Breitengrad des Antennenstandortes
- La = Längengrad des Antennenstandortes
- Ls = Längengrad des Satellitenstandortes
- y = Hilfswinkel

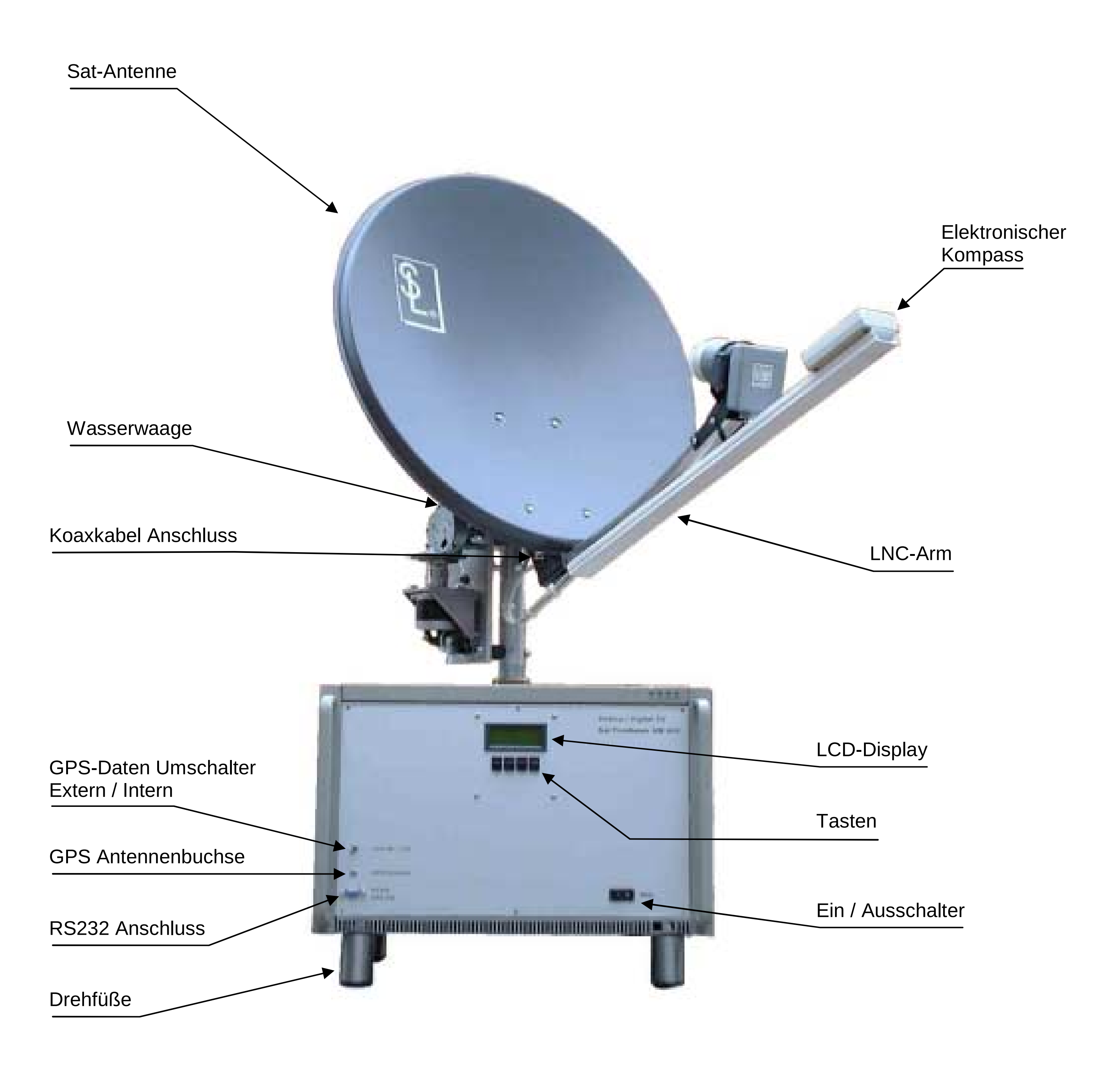
Bedienungsanleitung

Analog / Digital TV

Sat Positioner AW 600

5. Bedienungsanleitung

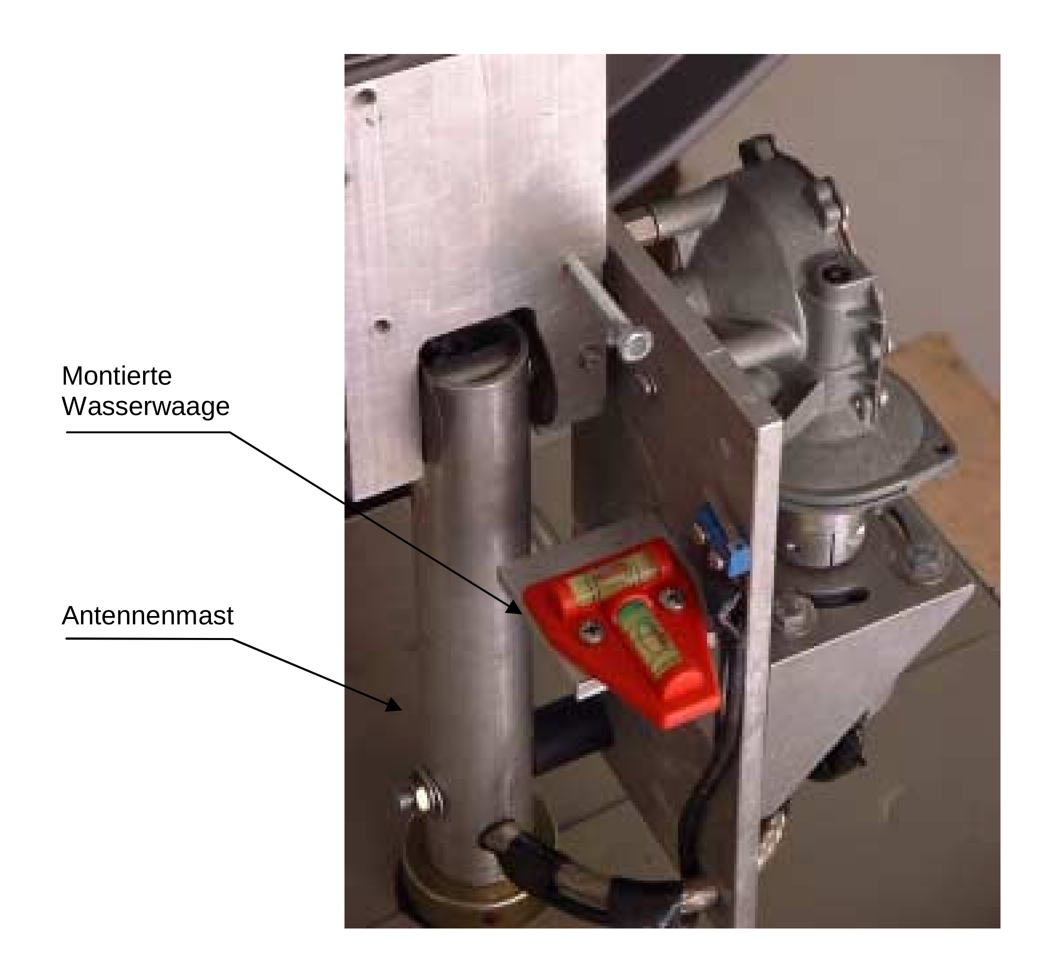
5.1 Gesamtbild



5.2 Vor dem Betrieb

Vor Inbetriebnahme des Geräts muss geeigneter Aufstellungsplatz, mit einem festen Unterboden, gewählt werden.
Es ist darauf zu achten dass der gewählte Antennenstandort sich nicht in der Nähe von Hochspannungsleitungen und größeren metallischen Gegenständen befindet, da diese den Kompass in seinen Messergebnissen negativ beeinflussen können.

Als nächstes muss das Gerät, mit Hilfe der montierten Wasserwaage und den Drehfüßen, in eine waagerechte Position gebracht werden.
Damit ist gewährleistet dass der Antennenmast sich in einer senkrechten Position befindet.



5.3 Betrieb

5.3.1 Einschalten

Nach dem das Gerät aufgestellt und ausjustiert ist, kann es eingeschaltet werden. Daraufhin wird eine Referenzfahrt der Antenne durchgeführt.
Dies wird im LCD –Display mit dem Hinweis „Referenzfahrt“ signalisiert.



5.3.2 Kompassmessung

Nachdem sich der LNC-Arm in einer waagerechten Position befindet, wird eine Kompassmessung durchgeführt und der Messwert im LCD-Dispay angezeigt.



5.3.3 GPS Initialisierung

Daraufhin wird das GPS-Modul initialisiert. Dies kann maximal 5 Minuten dauern.



Sind nach Ablauf der 5 Minuten keine GPS Daten vorhanden, wird ein eingeschränktes Menü freigegeben.
(Sind die GPS-Daten vorhanden, weiter mit Punkt 5.3.5)

5.3.4 Eingeschränktes Menü

In dem eingeschränkten Menü sind drei Auswahlfunktionen vorhanden.
Durch betätigen der Pfeiltasten kann das Menü durchgeblättert werden.
Mit der Taste „OK“ wird die Auswahl bestätigt.



- Wird das GPS-Modul erneut initialisiert



- Das Antenne wird in die Anfangsposition zurückgefahren
- Es erscheint die Aufforderung das Gerät auszuschalten



- Durch Auswahl der Funktion, wird es ermöglicht die Antenne manuell auszurichten.



Mit den Tasten (LI, RE, OB, UN) kann die Antenne in die jeweils gewünschte Richtung bewegt werden.
Durch gleichzeitiges betätigen der Tasten LI und UN, wird in das eingeschränkte Menü zurückgekehrt.

5.3.5 Hauptmenü

Nach erfolgreichem Initialisieren des GPS-Moduls wird das Hauptmenü freigegeben.



Durch das betätigen der Taste „Next“ stehen folgende Funktionen zur Verfügung:



Durch betätigen der Pfeiltasten kann das Menü durchgeblättert werden.
Mit der Taste „OK“ wird die Auswahl bestätigt.

- ●
- ●

- Türksat
- Telecom
- Eutelsat W2-3
- Hotbird
- Eutelsat W1
- Sirius

- ●
- ●



- ●
- ●

(Weiter nächste Seite)

- ●

•



- Durch Auswahl der Funktion, wird eine Feinjustierung der Antenne ermöglicht.



Mit den Tasten (LI, RE, OB, UN) kann die Antenne in die jeweils gewünschte Richtung bewegt werden.
Durch gleichzeitiges betätigen der Tasten LI und UN, wird in das Hauptmenü zurückgekehrt.



- Die Antenne wird in die Anfangsposition zurückgefahren
- Es erscheint die Aufforderung das Gerät auszuschalten



- Viel Spaß !!! -

6.3 Quellennachweis

- Friedrich — Tabellenbuch Elektrotechnik Elektronik
  Dümmler – Bonn
- Europa — Tabellenbuch Kommunikationselektronik
- Siemens — SAB 80C 5XX Microcontroller Family
  Pocket Guide 08.96
- Rockwell Semiconductors
  Systems
- PNI Cooperation
- www.elektor.de
- www.ses-Astra.com
- www.unitronik.de
- www.kh-gps.de

6.4 Danksagung

*Auf diesem Weg möchten wir uns bei all Denen bedanken,
die an uns geglaubt haben.
Besonderen Dank richten wir an unsere Eltern,
die uns diese Ausbildung ermöglicht haben.
Aber der größte Dank gilt unseren Frauen,
die mit Ihren Verständnis,
Ihrer Geduld und Ihren Beistand in den schwierigen Phasen
uns unterstützt haben.*

6.5 Bestätigung

Hiermit versichern wir, die Projektarbeit selbstständig und nur mit den angegebenen Mitteln durchgeführt zu haben.

Adrian Kniejski Waldemar Eiswirt